

Н. В. Пароль
А. С. Бернштейн

Осциллографические электронно-лучевые трубки

Издательство «Радио и связь»



Основана в 1947 году
Выпуск 1142

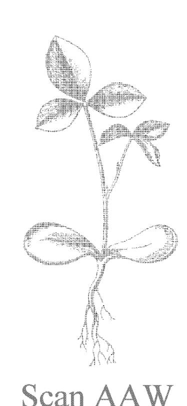
Н. В. Пароль
А. С. Бернштейн

Осциллографические электронно-лучевые трубки

СПРАВОЧНИК

2-е издание,
переработанное и дополненное





Москва
«Радио и связь» 1990

ББК 32.851.1
П 18
УДК 621.385.832.821(03)

Рецензент канд. техн. наук **В. И. Барановский**

Пароль Н. В., Бернштейн А. С.

П 18 Осциллографические электронно-лучевые трубки: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1990. — 96 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1142).

ISBN 5-256-00204-X.

Приведены основные технические характеристики осциллографических электронно-лучевых трубок, предназначенных для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов в различного рода аппаратуре (электронных осциллографах, дисплеях, индикаторах, демонстрационных и учебных приборах, измерительных приборах и др.). По сравнению с первым изданием (1982 г.) существенно расширена теоретическая часть книги, что позволяет использовать ее не только как справочник, но и как научно-популярное издание.

Для широкого круга радиолюбителей.

П $\frac{2302020200\text{-}005}{046(01)\text{-}90}$ 43-90 **ББК 32.851.1**

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1142

ПАРОЛЬ НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ,
БЕРНШТЕЙН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ

ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ

Справочник

Редактор И. Н. Суслова
Обложка художника А. С. Дзуцева
Художественный редактор Н. С. Шеин
Технический редактор З. Н. Ратникова
Корректор Т. В. Дземидович

ИБ № 1773

Сдано в набор 28.12.88 Подписано в печать 03.03.89 Т-07757
Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типогр. № 2 Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 6,0 Усл. кр.-отт. 6,25 Уч.-изд. л. 8,15 Тираж 60 000 экз.
Изд. № 22264 Зак. № 1 Цена 60 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь». 101000 Москва, ул. Кирова, д. 40

ISBN 5-256-00204-X

Предисловие

Настройка современной промышленной и радиолюбительской аппаратуры требует широкого использования различных радиоизмерительных устройств, из которых наиболее распространенным и обладающим широкими функциональными возможностями является электронный осциллограф. Осциллограф — единственный прибор, который позволяет осуществлять визуальное наблюдение или фотографическую регистрацию изменений напряжений и токов в электрических цепях. В настоящее время выпускается широкая номенклатура осциллографов различного назначения, в том числе универсальных стробоскопических, запоминающих, скоростных, телевизионных, исследуемая информация на выходе которых отображается на экранах электронно-лучевых приборов, называемых осциллографическими трубками. Они используются в анализаторах спектров, приборах для исследования частотных, амплитудно-частотных, фазочастотных характеристик аппаратуры, измерителях временных интервалов и др.

Электростатический способ управления электронным потоком, реализуемый в осциллографических трубках, делает их универсальными приборами, пригодными для решения самых разнообразных задач. Отличительная черта электростатического способа управления электронным потоком — его практическая безынерционность. Поэтому осциллографические трубки позволяют наблюдать напряжения и токи очень высоких частот и импульсы малой длительности.

«Осциллографические трубки» — название, в известной степени традиционное. Хотя в основном они действительно применяются в электронных осциллографах, но универсальность заложенных в них возможностей позволяет с успехом применять их в различных дисплеях, индикаторах, учебных демонстрационных приборах, анализаторах спектров сигналов и в других радиотехнических устройствах. Следует отметить, что практически любой тип осциллографических трубок (за исключением трубок с длительным послесвечением экрана) пригоден для воспроизведения на экране телевизионного изображения, которое, конечно, будет при этом не черно-белым, а черно-зеленым или черно-синим, в зависимости от того, каким цветом светится экран трубки. Многолучевые осциллографические трубки позволяют одновременно воспроизводить на экране ход нескольких (в зависимости от количества лучей) различных физических процессов и сопоставлять их. С помощью осциллографических трубок, имеющих экраны с длительным послесвечением, удобно наблюдать однократные электрические процессы.

Предлагаемая вниманию читателей книга содержит основные сведения о принципах работы осциллографических трубок, особенностях их конструкций, а также параметры и характеристики трубок, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

УСТРОЙСТВО И ПАРАМЕТРЫ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫХ ТРУБОК

Общие сведения. Осциллографическая электронно-лучевая трубка представляет собой прибор, в котором под действием электронной бомбардировки люминофорного экрана движущимся сфокусированным электронным лучом происходит преобразование электрических сигналов в видимое световое изображение.

Осциллографические трубки предназначены для исследования периодических и непериодических электрических сигналов, определения временны́х и других функциональных зависимостей переменных электрических величин. В общем случае осциллографическая трубка (рис. 1) состоит из стеклянного баллона 1, электронно-оптической системы 2, формирующей электронный луч 3, системы отклонения луча 4 и люминофорного экрана 5, на котором создается световое изображение исследуемого сигнала.

Существует значительное число типов осциллографических трубок, различающихся по конструкции, электрическим и светотехническим параметрам, функциональному назначению.

Трубки можно классифицировать по:

способу фокусировки и отклонения электронного луча;

числу электронных лучей;

цвету свечения и послесвечения экрана и по длительности послесвечения;

форме и размеру экрана.

Осциллографические трубки имеют электростатические фокусировку и отклонение луча.

Осциллографические трубки подразделяются на две группы: с отклоняющими пластинами и радиальной системой отклонения.

Осциллографические трубки могут быть:

однолучевыми;

двухлучевыми (в том числе с расщепленным лучом);

многолучевыми.

Каждому типу осциллографических электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) присваивается условное обозначение, состоящее из следующих элементов:

первый элемент — цифры, означающие размер экрана трубки по диаметру (или диагонали) в сантиметрах;

второй элемент — буквы ЛО, означающие «лучевая осциллографическая»;

третий элемент — цифры, означающие порядковый номер, который данный тип занимает среди других типов ЭЛТ с таким же размером экрана (в зависимости от даты разработки);

четвертый элемент — буква, обозначающая тип экрана, т. е. его цвет свечения и время послесвечения.

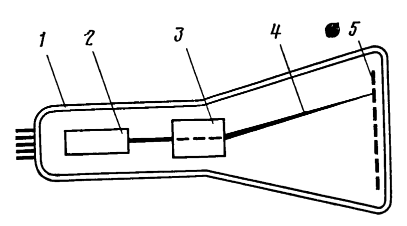


Рис. 1. Схема устройства осциллографической электронно-лучевой трубки:

1 — баллон; *2* — электронно-оптическая система; *3* — электронный луч; *4* — отклоняющая система; *5* — люминофорное покрытие экрана

Таким образом, условное обозначение ЭЛТ «5ЛО2И» означает, что это — трубка, предназначенная для осциллографии, является в СССР вторым типом трубок с размером экрана 5 см и имеет зеленый цвет свечения со средним послесвечением .

Как уже говорилось, все типы осциллографических ЭЛТ имеют электростатические фокусировку и отклонение электронного луча (в отличие от телевизионных кинескопов, в которых применяется как электростатическая, так и электромагнитная фокусировки, а отклонение электронного луча осуществляется только с помощью внешних электромагнитных отклоняющих систем). Системы фокусировки и отклонения электронного луча в осциллографических ЭЛТ всегда расположены внутри баллона ЭЛТ и являются элементами внутренней арматуры трубки.

Применение электростатической фокусировки снижает материалоемкость осциллографа, а применение электростатического отклонения — энергоемкость аппаратуры, ибо при таком отклонении не расходуется электроэнергия. Однако это вынуждает делать трубки сравнительно длинными (по отношению к размеру экрана), так как максимальный угол отклонения луча при электростатическом отклонении не превосходит 35° (у кинескопов — до 110°).

Электронно-оптическая система. Электронный луч в осциллографической трубке формируется электронно-оптической системой (или прожектором). Электронно-оптическая система (ЭОС) обеспечивает необходимую фокусировку электронного луча в плоскости экрана и позволяет изменять ток луча от нуля до некоторого предельно допустимого значения и яркость свечения экрана. В отличие от телевизоров, в осциллографах подлежащий наблюдению электрический сигнал, как правило, не подается на электроды ЭОС и вся осциллограмма имеет одну и ту же яркость.

В общем случае ЭОС осциллографической трубки с электростатической фокусировкой состоит из катода и системы электродов, образующих электростатические поля, формирующие, фокусирующие и ускоряющие электронный луч, т. е. пучок эмиттируемых катодом электронов. Принцип действия ЭОС можно рассмотреть на примере двухлинзового прожектора. Примерный характер электронных траекторий в таком прожекторе показан на рис. 2. Первая линза (ближайшая к катоду) фокусирует электроны, эмиттированные катодом, и называется иммерсионным объективом. Между первой и второй линзами образуется так называемая область скрещения электронных траекторий, в которой плоскость поперечного сечения электронного луча минимальна. Площадь сечения области скрещения меньше площади поверхности катода. Вторая линза проектирует область скрещения на экран трубки.

Первая линза образуется катодом, модулятором и первым анодом. Поперечные сечения этих электродов показаны на рис. 3 толстыми линиями. (Здесь и далее по тексту подразумевается, что катод ЭЛТ заземлен, напряжение мо-

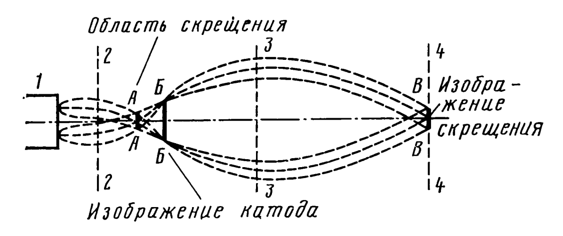


Рис. 2. Примерный характер траекторий электронов и сечения электронного луча в электронно-оптической системе:

1 — катод; 2 — первая линза (иммерсионный объектив); 3 — вторая, фокусирующая линза; 4 — экран

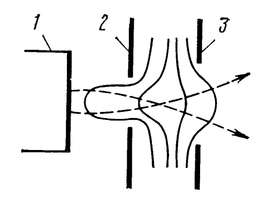


Рис. 3. Схема работы триодного прожектора.

1 — катод; 2 — модулятор; 3 — анод

дулятора отрицательно по отношению к катоду, а напряжения всех анодов — положительны.) Тонкими линиями показаны следы сечений поверхностей равного потенциала (эквипотенциальные линии). Форма этих линий определяет характер траекторий электронов, которые показаны на рисунке штриховыми линиями.

При изменении потенциала модулятора (потенциалы катода и анода фиксированны и неизменны во времени) изменяются форма эквипотенциальных линий и степень их «провисания» к катоду сквозь отверстие в модуляторе. Наименьшее по абсолютной величине напряжение модулятора $U_{мод}$, при котором ни одна эквипотенциальная линия, соответствующая положительному относительно катода потенциалу, не касается поверхности катода, называется напряжением запирания $U_{зап}$. При $|U_{мод}| \geqslant |U_{зап}|$ эмиттируемые электроны возвращаются на катод и луч не формируется.

Поскольку катод нагрет, электроны эмиттируются всей геометрической поверхностью катода, покрытой эмиттирующим составом. Однако в формировании электронного луча реально принимают участие только электроны, эмиттируемые той частью поверхности катода, потенциал у которой положителен. В отличие от геометрической поверхности катода, ее называют действующей поверхностью. Размеры ее определяются положением эквипотенциальной линии (следом пересечения эквипотенциальной поверхности $U=0$ с геометрической поверхностью катода). При $|U_{мод}|=|U_{зап}|$ действующая поверхность равна нулю. По мере уменьшения отрицательного потенциала модулятора действующая поверхность увеличивается и при $U_{мод}=0$ становится равной площади отверстия в диафрагме модулятора. При $U_{мод}>0$ действующая поверхность становится равной геометрической, однако в таком режиме трубка не может эксплуатироваться (см. далее).

Форма электростатического поля в первой линзе ЭОС такова, что все эмиттированные действующей поверхностью катода электроны (независимо от направления их движения в момент вылета с катода) сходятся и образуют в пространстве между модулятором и анодом на оси ЭОС область наименьшего сечения электронного пучка (скрещение электронного луча показано на рис. 2).

В общем виде зависимость тока катода трубки от напряжения модулятора описывается формулой

$$I_к = K \frac{(U_{зап} - U_{мод})^{\gamma}}{|U_{зап}|}, \qquad (1)$$

где $U_{мод}$ — напряжение модулятора; $U_{зап}$ — напряжение запирания; K — постоянная величина.

Показатель степени γ в этой формуле, в частности, зависит от геометрии ЭОС и напряжений на электродах прожектора и практически лежит в пределах 3/2 ... 7/2.

Рассмотренный прожектор называется триодным. Зависимость тока катода от напряжения модулятора для такого прожектора называется модуляционной характеристикой. Эта зависимость измеряется при заданном напряжении анода. Примерный вид модуляционной характеристики показан на рис. 4.

Триодный прожектор (иммерсионный объектив) создает не сфокусированный, а расходящийся электронный пучок (см. рис. 2 и 3) и применяется в осциллографических ЭЛТ только для начального формирования электронного пучка. Окончательную фокусировку луча осуществляет вторая, фокусирующая электростатическая линза, представляющая совокупность нескольких (двух или трех) соосных полых цилиндров и диафрагм, находящихся под разными напряжениями и образующими вместе с триодным прожектором единую арматуру. Фокусировка луча, т. е. превращение расширяющегося (расходящегося) после области скрещения пучка электронов снова в пучок, сходящийся на экране ЭЛТ, происходит благодаря форме электростатического поля, образующегося между соседними цилиндрами или диафрагмами, если между ними имеется разность потенциалов.

Вообще говоря, для того чтобы обеспечить фокусировку луча, достаточно за анодом триодного прожектора установить еще один анод с более высоким напряжением.

В системе, состоящей только из триодного прожектора и еще одного анода, изменение напряжения на первом аноде меняет значение тока луча, так как меняется потенциал на оси ЭОС у катода; кроме того, изменение напряжения на втором аноде меняет скорость электронов и, следовательно, их энергию при бомбардировке экрана ЭЛТ. В результате в любом случае в такой системе фокусировка влияет на яркость изображения, что недопустимо.

Поэтому в ЭОС современных осциллографических ЭЛТ между модулятором и фокусирующим электродом вводится дополнительный «ускоряющий» электрод, который обычно соединен со вторым анодом и находится под его напряжением.

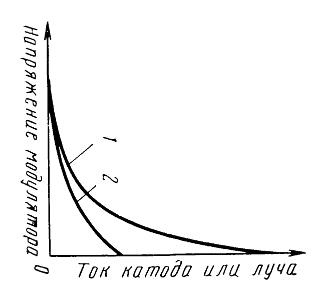


Рис. 4. Модуляционные характеристики осциллографической трубки по току катода (1) и току луча (2) (при наличии вырезающих диафрагм)

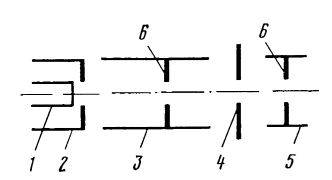


Рис. 5. Схема электронно-оптической системы осциллографической трубки:
1 — катод; 2 — модулятор; 3 — ускоряющий электрод; 4 — фокусирующий электрод; 5 — второй анод; 6 — вырезающие диафрагмы

Для дальнейшего улучшения фокусировки, т. е. уменьшения размеров сечения электронного луча в плоскости экрана ЭЛТ, в большинстве типов ЭЛТ в ускоряющем электроде и в аноде устанавливается одна или несколько «вырезающих» диафрагм с малыми диаметрами отверстий на оси ЭОС (рис. 5). Эти диафрагмы перехватывают крайние электроны в пучке, сужая тем самым чисто механически его сечение, и не пропускают к экрану случайные электроны, летящие далеко от оси ЭОС и под большими углами к ней. Так как подобные электроны могут вызывать ненужное, «паразитное» свечение экрана, снижая контрастность изображения, то вырезающие диафрагмы одновременно улучшают и контрастность. Однако в результате полезно используется лишь небольшая часть катода (от 20 до 1% в разных типах ЭЛТ). В таких изделиях модуляционная характеристика представляет собой уже не зависимость тока катода, а зависимость тока луча (тока, попадающего на экран ЭЛТ) от напряжения модулятора.

В результате модуляционная характеристика ЭОС в целом имеет более пологий характер, чем характеристика триодного прожектора (см. рис. 5); при малых значениях тока обе характеристики практически совпадают, а затем значение показателя степени в формуле (1) уменьшается и при небольших значениях напряжения на модуляторе может стать даже меньше 1,0. Так как обычно ускоряющий электрод и второй анод находятся под общим потенциалом, то по токовому прибору, установленному в цепи катода или второго анода, невозможно разделить полезную долю тока луча (достигающую экрана) и долю, теряющуюся на вырезающих диафрагмах; поэтому снять модуляционную характеристику 2 на рис. 5 практически возможно только у ЭЛТ, имеющих систему послеускорения электронов (см. ниже). Внешне такие ЭЛТ характерны тем, что у них вывод последнего анода находится не в ножке (цоколе) ЭЛТ, а на боковой поверхности ее баллона.

Модуляционная характеристика трубки довольно полно описывает свойства электронного прожектора (или ЭОС в целом). Однако в большинстве практических случаев оказывается достаточным знать две основные точки модуляционной характеристики — напряжение запирания $U_{зап}$ и напряжение модулятора, при котором обеспечивается номинальный ток луча (или номинальная яркость свечения экрана) — $U_{мод\ ном}$. Существует ряд методов измерения напряжения запирания, однако при определении его истинного значения возможны существенные ошибки из-за утечек между электродами, неточностей измерения весьма малых токов и т. д. Поэтому напряжением запирания условно называют такое напряжение модулятора, при котором ток катода (или луча) равен определенному малому значению (обычно 1 мкА), или такое напряжение, при котором начинает светиться экран в месте попадания на его неотклоненного электронного луча.

Разность между запирающим напряжением и напряжением, соответствующим номинальному току (или номинальной яркости), называют напряжением модуляции.

Следует иметь в виду, что для каждого типа ЭЛТ установлены допустимые пределы запирающего напряжения при номинальном напряжении на ускоряющем электроде (ближайшем к модулятору аноде), а также норма на максимальное напряжение модуляции. При этом у экземпляров трубок с малыми значениями запирающего напряжения напряжение модуляции всегда будет меньше, чем у экземпляров с высоким запирающим напряжением. Если в

аппаратуре напряжение на ускоряющем электроде не равно номинальному для данного типа ЭЛТ, то значения запирающего напряжения и напряжения модуляции могут отличаться от нормированных величин (снижение ускоряющего напряжения снижает запирающее напряжение, и наоборот, причем эта зависимость носит линейный характер). Однако заметные отклонения анодного напряжения от номинального для данного типа ЭЛТ всегда нежелательны, так как снижают эксплуатационную надежность трубок (см. ниже).

Экраны осциллографических трубок. Экран трубки преобразует кинетическую энергию электронного луча в световую. При этом источником света являются люминофоры — вещества, светящиеся под воздействием электронной бомбардировки, причем каждому типу люминофора присущ свой специфический цвет свечения. Люминофор подбирается в зависимости от назначения ЭЛТ. Экраны трубок, предназначенных для визуального наблюдения, имеют зеленый цвет свечения как наименее утомительный для глаз человека, а экраны трубок для фотографической регистрации изображений — синий (или голубой) цвет свечения, к которому наиболее чувствительны фотоматериалы.

Возможности наблюдения изображения на экране ЭЛТ, особенно при наблюдении быстропротекающих процессов, во многом зависят от яркости свечения экрана. Яркость свечения люминофора B зависит от его физических свойств и подводимой мощности:

$$B = AJ(U_э - U_0)^m, \qquad (2)$$

где A — постоянная, определяемая светоотдачей люминофора (отношением мощности излучения к мощности, затрачиваемой на возбуждение люминофора); J — плотность тока луча; $U_э$ — потенциал экрана; U_0 — мининальный потенциал, при котором начинается люминесценция (обычно десятки — сотни вольт); $m = 1{,}5 \ldots 2{,}5$.

Увеличение тока луча для повышения яркости свечения экрана приводит к заметному ухудшению фокусировки луча, а при достижении плотности 100 мкА/см^2 и выше люминофор перегревается и выгорает. Поэтому для повышения яркости обычно увеличивают напряжение анода ЭЛТ.

Важным параметром экранов ЭЛТ является время послесвечения — период времени с момента прекращения электронной бомбардировки экрана до момента, соответствующего спаду яркости до уровня 1% от начального значения. В зависимости от назначения осциллографической трубки предъявляются различные требования ко времени послесвечения экрана. Например, при фотографировании осциллограммы на движущуюся фотопленку развертка по одной из

Таблица 1. **Основные свойства люминофоров, применяемых в осциллографических трубках**

Условное буквенное обозначение типа экрана	Цвет свечения	Цвет послесвечения	Время послесвечения
А	Синий	Синий	Короткое
В	Голубой	Желтый	Длительное
И	Зеленый	Зеленый	Среднее
М	Голубой	Голубой	Короткое
У	Светло-зеленый	Светло-зеленый	Короткое

осей координат осуществляется за счет движения пленки. Во избежание «размазывания» изображения применяются трубки с коротким послесвечением (порядка 10^{-3} .... 10^{-4} с). При наблюдении неповторяющихся процессов, например одиночных импульсов, используются трубки с длительным послесвечением (4 с и более) экрана для того, чтобы иметь возможность видеть осциллограмму после прекращения действия импульса.

Основные свойства люминофоров, применяемых в осциллографических трубках, указаны в табл. 1.

Категории длительности послесвечения люминофоров различаются следующим образом:

короткое — от 10^{-5} до 10^{-2} с;
среднее — от 10^{-2} до 10^{-1} с;
длительное — от 10^{-1} до 16 с.

Обычно считают, что яркость свечения является одним из основных параметров осциллографических ЭЛТ. Однако, как было указано выше, эта яркость регулируется оператором в очень широких пределах, в зависимости от уровня внешней засветки экрана, остроты зрения и иных факторов. Кроме того, физически яркость есть сила света, излучаемого равномерно светящейся площадью известных размеров в направлении, перпендикулярном светящейся поверхности. Но при эксплуатации осциллографических трубок светится не вся поверхность экрана, а какая-то линия (например, синусоида), в отличие, скажем, от телевизионных кинескопов, у которых при работе в телевизоре светится вся рабочая поверхность экрана (в отсутствие видеосигнала), размеры которой известны.

Поэтому применительно к осциллографическим трубкам параметр «яркость» может быть использован только косвенно и имеет лишь вспомогательное значение — проверку светоотдачи экрана и трубки в целом в условном режиме в качестве контроля стабильности параметров трубок в процессе их производства. При такой проверке на экране трубки выставляют растр вполне определенного размера (обычно 5×5 см, если размеры экрана это допускают) с известным числом строк при заданных напряжениях электродов и напряжении фокусирующего электрода, соответствующем наилучшей четкости изображения. Затем измеряют яркость площади, занимаемой этим растром, при заданном токе в цепи последнего анода (для трубок с послеускорением электронов, см. ниже) или при заданном напряжении модуляции. При этом яркость свечения экранов трубок для визуального наблюдения измеряется в канделах с квадратного метра (кд/м^2), а трубок для фоторегистрации — в энергетических единицах (мкВт/(см^2·ср)).

Эти режимы измерения, а также соответствующие им нормы на яркость, приводимые в технических условиях и справочных листах на осциллографические ЭЛТ (в том числе в данной книге), практически никак не увязаны с реальными режимами эксплуатации ЭЛТ и зачастую могут даже дезинформировать потребителей.

Рассмотрим этот вопрос подробнее. При растровой развертке (обычно число строк в растре при измерении яркости равно 55) пучок электронов за один период кадровой развертки возбуждает свечение 55 строк; при однострочной развертке (осциллограмма) тот же ток возбуждает свечение только одной строки. В результате плотность приходящего на нее тока в 55 раз больше, чем при

кадровой развертке; при такой плотности тока люминофорное покрытие экрана трубки прожигается за несколько минут, что выводит трубку из строя.

Поэтому та же яркость свечения осциллограммы, как у каждой строки при растровой развертке, обеспечивается при токе в 55 раз меньшем, чем указываемый в справочных данных для получения заданной яркости, и именно при таком значении тока следует эксплуатировать трубку.

Для многих типов трубок в справочных данных указывается не ток, а напряжение модуляции, соответствующее заданной яркости (снова при растровой развертке). Из формулы (1) следует, что для получения той же яркости на осциллограмме это напряжение модуляции должно быть уменьшено в $\sqrt[\gamma]{55}$ раз. Так как у осциллографических трубок $\gamma \approx 2$, то в среднем можно считать, что напряжение модуляции на трубке в осциллографе надо устанавливать в 7,5—8 раз меньшим, чем указанное в справочных данных.

Потенциал экрана. В процессе работы экран трубки бомбардируется потоком электронов. При этом число поступающих на экран электронов должно равняться числу отводимых от него электронов; в противном случае экран постепенно будет заряжаться отрицательно, его потенциал $U_э$ понизится до потенциала катода $U_к$. В предельном случае все электроны луча будут оттолкнуты от экрана и изображение на экране исчезнет. Так как электропроводность люминофора мала, необходимый отвод электронов от экрана обеспечивается за счет вторичной эмиссии люминофора. Коэффициент вторичной эмиссии люминофора σ должен быть не менее единицы. Только при выполнении этого условия число электронов, поступающих на экран, в единицу времени будет равно числу электронов, уходящих от экрана за то же время. Потенциал экрана $U_э$ должен быть на несколько вольт ниже потенциала выходного электрода прожектора — анода $U_а$. При $U_э < U_а$ между экраном и анодом возникает разность потенциалов, ускоряющая вторичные электроны, эмиттируемые люминофором, в направлении анода, а при $\sigma \geqslant 1$ число уходящих от экрана электронов будет по меньшей мере равно числу поступающих электронов. При включении луча условие $U_э < U_а$ выполняется автоматически, так как электропроводность люминофора мала, и экран сразу приобретает некоторый отрицательный потенциал. Для «улавливания» вторичных электронов внутреннюю поверхность колбы ЭЛТ от экрана до анода покрывают аквадагом (коллоидный раствор графита), находящимся под напряжением анода и обладающим хорошей электропроводностью. Слой аквадага препятствует также накоплению отрицательных зарядов на стекле колбы, способных исказить электростатическое поле в трубке и ухудшить ее параметры.

При бомбардировке экранов электронными пучками при высоком напряжении на последнем аноде (12 кВ и более) имеет место нежелательное явление прекращения роста яркости при дальнейшем повышении анодного напряжения. Это связано со свойством люминофоров снижать собственный потенциал тем сильнее, чем с большей скоростью в них ударяются электроны. В результате повышение напряжения на аноде сверх какого-то значения (определенного для каждого конкретного типа люминофора) сопровождается снижением потенциала экрана, т. е. затормаживанием электронов в приэкранной области, что и приводит к прекращению роста яркости. В целях борьбы с этим явлением у высоковольтных осциллографических ЭЛТ слой люминофора со стороны ЭОС покрывается наносимым в вакууме слоем алюминия (толщиной не более 200

мкм), который обеспечивает постоянный электрический контакт между последним анодом ЭЛТ и экраном; в результате потенциал экрана изменяется одновременно с напряжением анода и сохраняется линейная зависимость между анодным напряжением и яркостью при высоких анодных напряжениях.

Электростатическое отклонение луча. Электростатическое отклонение луча осуществляется с помощью электродов, имеющих вид пластин различной формы, размещаемых параллельно оси ЭОС непосредственно за вторым анодом.

В осциллографических трубках имеется две пары отклоняющих пластин, составляющих отклоняющую систему. Если к паре отклоняющих пластин приложена разность потенциалов, то между ними создается электрическое поле, воздействующее на электроны луча в направлении, перпендикулярном направлению их движения, искривляющее их траектории и смещающее световое пятно на экране трубки в ту или другую сторону в зависимости от знака приложенного напряжения. Одна пара пластин отклоняет луч по горизонтали (пластины X), другая — по вертикали (пластины Y). Обе пары отклоняющих пластин взаимно перпендикулярны, поэтому направления смещения луча при приложении разности потенциалов к пластинам также взаимно препендикулярны. Таким образом осуществляется возможность с помощью двух напряжений сместить луч и соответственно световое пятно в любую точку экрана. Если на одну пару пластин подать переменное напряжение синусоидальной формы, а на другую — то же напряжение, но сдвинутое по фазе на 90°, то световое пятно на экране будет двигаться по окружности.

Если осциллографическая трубка используется для анализа формы кривой напряжения, то исследуемое напряжение подается на пластины вертикального отклонения Y, а на другую пару пластин X подается пилообразное во времени напряжение развертки (рис. 6,*а*). Для пилообразного напряжения характерно наличие участка относительно медленного линейного нарастания напряжения (ОА на рис. 6,*б*) и участка относительно быстрого спадания напряжения (АВ на рис. 6,*б*). Во время нарастания напряжения развертки (участок ОА рис. 6,*б*) световое пятно перемещается по оси X с постоянной скоростью. Эти пластины называются также временными отклоняющими пластинами. В это же время пятно смещается по оси Y на величину, пропорциональную величине исследуемого сигнала. Эти пластины называются также сигнальными отклоняющими пластинами. В результате на экране трубки высвечивается зависимость исследуемого напряжения от времени, называемая осциллограммой. На участке АВ

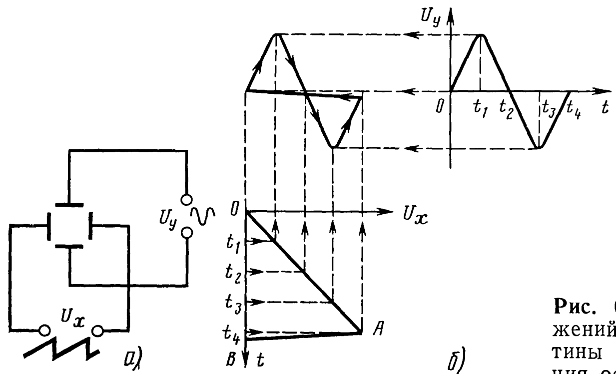


Рис. 6. Схемы подачи напряжений на отклоняющие пластины трубки (*а*), формирования осциллограммы (*б*)

рис. 6,*б* напряжение развертки быстро падает до нуля и пятно возвращается в исходное положение. Когда период развертки установлен кратным периоду исследуемого напряжения, осциллограммы, получаемые в каждый из последующих периодов развертки, совпадают друг с другом, и на экране видно устойчивое изображение исследуемого процесса. Помимо переменных напряжений, на пластины X и Y подаются постоянные напряжения, изменяя которые можно установить исходное положение светового пятна в любой точке экрана.

Основными параметрами отклоняющей системы являются ее чувствительность, допустимый угол отклонения, степень искажения формы исследуемой кривой. При идеальном отклонении величина отклонения пятна на экране трубки должна быть пропорциональна напряжению, поданному на пластины, и размеры пятна на экране не должны зависеть от величины отклонения.

Чувствительностью к отклонению называется отношение величины смещения светящегося пятна экрана трубки к изменению отклоняющего напряжения, вызвавшему это смещение. Чувствительность отклонения прямо пропорциональна длине пластин и расстоянию от пластин до экрана и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами и величине напряжения анода.

Чувствительность пластин к отклонению, измеряемая обычно в миллиметрах, деленных на вольт (мм/В), определяется в общем случае формулой

$$S = K\frac{l_{пл}U_{пл}L}{dU_a}, \qquad (3)$$

где K — коэффициент пропорциональности; $l_{пл}$ — длина пластин в направлении от катода к экрану ЭЛТ; $U_{пл}$ — напряжение между пластинами данной пары; L — расстояние от середины пластин до экрана ЭЛТ; d — расстояние между пластинами данной пары; U_a — анодное напряжение.

Простейшая отклоняющая система представляет собой две пары плоскопараллельных пластин, между которыми проходит электронный луч (рис. 7,*а*).

Существенно повысить чувствительность трубки можно, используя отклоняющие пластины, поверхность которых параллельна траекториям электронов (рис. 7,*б*). Такая форма отклоняющих пластин является оптимальной. Однако изготовлять такие пластины достаточно трудно, поэтому на практике используют пластины, форма которых приближается к оптимальной (рис. 7,*в*, *г*).

Исследуемые сигналы обычно подаются на пару пластин, расположенную непосредственно за электронным прожектором (сигнальные отклоняющие пластины). На вторую пару — временные отклоняющие пластины — подается напряжение развертки. Напряжение развертки обычно достаточно велико, особенно высоких требований к чувствительности временных отклоняющих пластин не предъявляется, и они обычно имеют меньшую чувствительность, чем сигнальные.

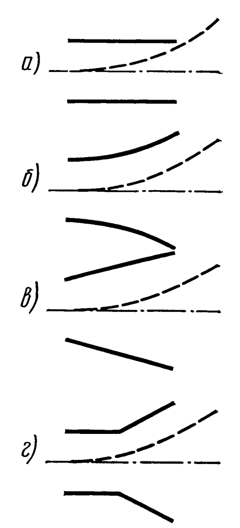


Рис. 7. Различные формы отклоняющих пластин осциллографических трубок (в сечении). Штриховой линией показана траектория электронного луча

Высокая чувствительность отклонения особенно важна для трубок, используемых в широкополосных осциллографах. Неискаженное усиление импульсов малой длительности представляет собой сложную задачу, поэтому желательно применять трубки с хорошей чувствительностью сигнальных отклоняющих пластин.

Следует отметить, что успехи современной микроэлектроники обеспечили создание высококачественных широкополосных усилителей, что позволяет не стремиться создавать осциллографические ЭЛТ со все более высокой чувствительностью к отклонению, ибо при этом неизбежно ухудшаются другие, более важные и неисправимые схемным путем параметры (например, нелинейность отклонения, геометрические искажения, равномерность четкости по всему полю экрана и др.).

Обычно чувствительность сигнальных отклоняющих пластин составляет 0,2 ... 0,6 мм/В, чувствительность временны́х отклоняющих пластин на 10 ... 15% ниже.

Особенности подачи отклоняющих напряжений. Допустим, что для отклонения электронного луча на экране относительно исходного положения к соответствующим пластинам надо подвести напряжение 20 В. Если для этого подать на одну пластину +20 В, а другую пластину этой пары заземлить, то потенциал посреди промежутка между пластинами, в котором идет электронный луч, окажется отличным от нуля: он составит +10 В.

В результате электроны луча получат некоторое дополнительное ускорение и пролетят промежуток между пластинами быстрее, чем при отсутствии отклоняющего напряжения, а следовательно, отклонятся меньше, чем ожидалось. При необходимости отклонить луч в противоположную сторону на ту же пластину необходимо подать напряжение —20 В (вторая пластина заземлена). В результате электроны луча несколько замедлятся, будут пролетать промежуток между пластинами дольше и отклоняться сильнее, чем в первом случае. Таким образом, подаче одного и того же напряжения по амплитуде, но с противоположным знаком соответствуют неодинаковые отклонения электронного луча на экране. Очевидно, что чем больше амплитуда подаваемого напряжения, тем сильнее будут различия в величине отклонения в противоположные стороны. Если подать при таком способе пилообразные напряжения строчной и кадровой развертки на обе пары пластин, то на экране образуется растр, имеющий форму трапеции или неправильного четырехугольника. Это явление носит название «нелинейность отклонения» и недопустимо, так как практически приводит к искажению формы наблюдаемых осциллограмм.

Для уменьшения нелинейных искажений на пластины необходимо подавать так называемые симметричные напряжения. В нашем случае это означает, что для отклонения в первом направлении на 10 мм необходимо подать на одну пластину +10 В, а на вторую пластину той же пары — минус 10 В; для отклонения в противоположном направлении на те же пластины необходимо подать соответственно —10 и +10 В. При этом посреди промежутка между пластинами дополнительное напряжение будет отсутствовать и электроны не будут ни ускоряться, ни замедляться полем между пластинами, а следовательно, и отклоняться в каждую сторону на одно и то же значение.

Все четыре отклоняющие пластины имеют независимые выводы. Наличие независимых выводов позволяет включать отклоняющие пластины симметрично и регулировать средний потенциал пластины по отношению к потенциалу вто-

рого анода, что, в свою очередь, обеспечивает уменьшение искажений формы сигнала при отклонении.

Важным параметром отклоняющей системы трубки и трубки в целом является нелинейность отклонения. Очевидно, что для неискаженного воспроизведения формы исследуемого сигнала необходимо, чтобы перемещения светового пятна на экране трубки были пропорциональны уровню сигнала. При оценке нелинейности отклонения измеряется чувствительность к отклонению при перемещении сфокусированного пятна (линии) от центра экрана на 25 и 75% половины рабочей части экрана.

Относительное значение нелинейности отклонения $\varkappa_s$ (в процентах) рассчитывается по формуле

$$\varkappa_s = 2\frac{S_2 - S_1}{S_1 + S_2}\,100, \qquad (4)$$

где S_1 — чувствительность к отклонению, измеренная на расстоянии, равном 25% половины рабочей части экрана; S_2 — чувствительность к отклонению, измеренная на расстоянии, равном 75% половины рабочей части экрана.

В последнее время осциллографы все шире применяются не только для визуальной оценки изображаемого на экране ЭЛТ сигнала, но и для измерительных целей, т. е. осуществляется переход от качественной к количественной оценке результатов. Это требует, в свою очередь, от осциллографических ЭЛТ воспроизведения сигнала без заметных геометрических искажений. Эти искажения наглядно выявляются при подаче на экран растровой развертки в виде квадрата или прямоугольника: при наличии геометрических искажений растр на экране имеет искаженную форму: трапеции, «подушки» (стороны квадрата вогнуты в сторону его центра), «бочки» (стороны квадрата выпуклы относительно центра). У многих типов осциллографических ЭЛТ регламентируется значение геометрических искажений (в процентах), рассчитываемое по формуле

$$\Gamma = 2\,\frac{\alpha_{max} - \alpha_{min}}{\alpha_{max} + \alpha_{min}}\,100\%, \qquad (5)$$

где α_{max}, α_{min} — наибольший и наименьший размеры растра по соответствующим осям.

Экранирующие пластины и внутренние экраны. Между отклоняющими пластинами одной пары при подаче на них напряжения возникает электростатическое поле, эквипотенциали которого параллельны поверхностям пластин. Однако поле не ограничено пространством между пластинами. Со стороны торцов пластин эквипотенциали приобретают изогнутую форму, искажающую траекторию электронного луча. Поэтому обычно между вторым анодом и первой парой отклоняющих пластин, а также между обеими парами отклоняющих пластин и иногда после второй пары отклоняющих пластин устанавливают металлические плоские экраны, имеющие в зоне прохождения электронного луча небольшие сквозные отверстия круглой или щелевидной формы, ограничивающие поля рассеяния, выходящие за торцы отклоняющих пластин. Иногда к этим экранам добавляют экранирующие пластины, располагаемые по бокам пары отклоняющих пластин со стороны промежутков между пластинами и предотвращающие искажение формы поля между пластинами под воздействием любых внешних полей.

Обычно экраны и экранирующие пластины электрически соединены со вторым анодом внутри ЭЛТ. В более совершенных типах трубок экраны и экранирующие пластины соединены между собой, но имеют отдельный внешний вывод, позволяющий подавать на них регулируемое напряжение, отличное по значению от анодного на несколько вольт или несколько десятков вольт.

Астигматизм. Электронный луч в идеальном случае в любом сечении, перпендикулярном его оси, имеет круглую форму. Однако практически из-за имеющихся реальных допусков на размеры при изготовлении деталей арматуры и при сборке арматуры, а также под воздействием различных электростатических явлений форма электроннного пятна искажается, приобретая вид эллипса, запятой или креста вместо круглой «точки». Это явление называется *астигматизмом.* Оно приводит к тому, что ширина «прочерчиваемых» электронным лучом на экране ЭЛТ осциллограмм увеличивается, снижая тем самым четкость изображения. Особенно это заметно по краям экрана, так как на наиболее сильно отклоненный от оси ЭЛТ электронный луч наиболее сильно действуют поля рассеяния вблизи торцов отклоняющих пластин. У самых совершенных типов осциллографических ЭЛТ предусмотрены меры, позволяющие регулировать и уменьшать астигматизм при необходимости. Обычно эту роль выполняют описанные выше экраны и экранирующие пластины при подаче на них регулируемого напряжения.

В приведенных далее справочных данных на конкретные типы осциллографических ЭЛТ все напряжения, подаваемые на электроды ЭЛТ, указаны относительно катода, который условно считается заземленным. Подаваемые на отклоняющие пластины напряжения в то же время практически не превышают несколько десятков вольт относительно второго анода, напряжение которого обычно составляет несколько киловольт. Следовательно, если бы катод трубки был реально заземлен, то отклоняющие пластины также оказались бы под высоким напряжением относительно земли, что привело бы к практической необходимости изолировать от земли усилители вертикального и горизонтального отклонения луча. В свою очередь, это привело бы не только к серьезному усложнению схемы осциллографа, но и сделало бы небезопасным обращение с ним. Поэтому в осциллографе заземляют второй анод ЭЛТ, а катод подсоединяют к отрицательному полюсу источника высокого напряжения. При этом напряжения на остальных электродах трубки не изменяются относительно катода, но оказываются иными относительно точки заземления; в частности, отпадает необходимость изоляции усилителей вертикального и горизонтального отклонения относительно земли.

Так как напряжение между катодом и подогревателем не должно превышать (у разных типов ЭЛТ) 100 ... 150 В (во избежание пробоев и утечек между этими элементами ЭЛТ), то напряжение подогревателя ЭЛТ в осциллографе относительно земли должно составлять несколько киловольт. Это должно быть принято во внимание при конструировании и эксплуатации осциллографа: *напряжение подогревателя трубки должно сниматься с отдельной обмотки трансформатора, надежно изолированной относительно точки заземления.*

Беспараллаксный отсчет. В тех случаях, когда качественная оценка наблюдаемых на экране ЭЛТ процессов оказывается недостаточной и требуется точное измерение тех или иных параметров исследуемого сигнала, например амплитуды, длительности импульсов, необходим так называемый беспараллаксный отсчет измеряемых величин.

Параллаксом называется кажущееся изменение взаимного расположения предметов, возникающее при изменении направления взгляда наблюдателя. Проиллюстрируем это явление простейшим примером.

Пусть на столе на расстоянии около 1 м друг от друга стоят два совершенно одинаковых цилиндра. Если мы смотрим на них в направлении, совпадающем с воображаемой прямой, проходящей через центры их оснований, то один цилиндр полностью загорожен другим, находящимся ближе к наблюдателю, и у наблюдателя создается ложное впечатление, что на столе находится лишь один цилиндр.

Если наблюдатель сдвинет голову так, чтобы из-за ближайшего цилиндра стал виден второй цилиндр, то у него может создаться ложное впечатление, что рядом стоят два цилиндра, но один из них существенно меньше другого.

И только в том случае, если взгляд наблюдателя направлен перпендикулярно упомянутой воображаемой линии, соединяющей центры оснований цилиндров, и проходит через середину этой линии, наблюдатель получит верное представление о числе цилиндров, их размерах и взаимном расположении.

Так как стекло экрана осциллографической ЭЛТ имеет толщину в несколько миллиметров, то изображение осциллограммы, возникшее в слое люминофора на внутренней поверхности экрана, и измерительная линейка, прижатая к наружной поверхности экрана, тоже отстоят друг от друга на несколько миллиметров. В результате наблюдателю будет казаться, что измеряемый участок осциллограммы будет занимать *разное* число делений линейки при изменениях направления взгляда наблюдателя на место (объект) наблюдения, и результаты измерений окажутся ложными.

Поэтому для измерения осциллограмм применяются беспараллаксные средства измерения. Наиболее удобным средством является нанесение шкал с делениями на внутреннюю поверхность экрана ЭЛТ: так как в этом случае осциллограмма и измерительная шкала находятся на одной поверхности экрана, то параллакс при измерениях отсутствует. Ряд выпускаемых осциллографических трубок снабжен такими шкалами.

Однако изготовление таких ЭЛТ довольно сложно и приводит к удорожанию трубок. Более простым способом является применение *внешних* шкал, представляющих плоскопараллельные диски из стекла или прозрачного оргстекла, на каждую поверхность которых нанесены измерительные шкалы таким образом, что при направлении взгляда наблюдателя строго перпендикулярно плоскости диска деления обеих шкал полностью совпадают. Прижав такой диск к экрану ЭЛТ, мы получим возможность проводить беспараллаксные измерения.

Оба эти средства измерения приемлемы только для тех типов ЭЛТ, у которых стекло экрана имеет плоскую (не выпуклую) форму. Измерение осциллограмм у ЭЛТ с выпуклым экраном неизбежно дает существенную погрешность в силу того, что электронный луч при отклонении перемещается по экрану, описывая часть окружности, а с помощью шкалы измеряется хорда этой кривой.

Бланкирующие пластины позволяют практически безынерционно осуществить «выключение» свечения экрана трубки, что часто оказывается необходимым при наблюдении высокочастотных или весьма коротких импульсов. Бланкирующие пластины представляют собой две пары плоскопараллельных и взаимно параллельных пластин, располагаемых обычно между модулятором и анодом и соединенных между собой накрест, т. е. верхняя пластина первой пары

соединена с нижней пластиной второй пары; соответственно соединены и остальные две пластины. При подаче на них «бланкирующих» (т. е. запирающих) импульсов поле между пластинами отклоняет луч на пластины и не пропускает его далее в сторону экрана. Следует отметить, что «гашение» (выключение) электронного луча можно осуществить, подавая на модулятор ЭЛТ напряжение, превышающее напряжение запирания. При этом источник гасящего сигнала работает на емкостную нагрузку (емкость катод — модулятор), которая достаточно велика (10...12 пФ), что ограничивает частотные возможности такого способа. Емкость бланкирующих пластин относительно модулятора примерно на порядок меньше.

Емкости между электродами. Входные емкости отклоняющих пластин (измеренные на выводах цоколя или ножки) составляют несколько пикофарад, что обеспечивает возможность использования трубок на частотах до 10 МГц без заметных фазовых искажений. У ЭЛТ, предназначенных для воспроизведения высокочастотных сигналов, принимаются меры для уменьшения емкостей и индуктивностей выводов отклоняющих пластин (например, выводы делаются на боковой поверхности баллона, а не в цоколе ЭЛТ).

Для выходных каскадов усилителей Y и X ЭЛТ представляет собой емкостную нагрузку. Это обстоятельство имеет первостепенное значение при проектировании широкополосных усилителей вертикального отклонения, полосы пропускания во многом определяются емкостью, на которую нагружен выходной каскад, значительную часть которой составляет емкость ЭЛТ. Суммарное значение емкости, создаваемой ЭЛТ, определяется емкостью между отклоняющими пластинами $C_{пл}$, емкостью между каждой из отклоняющих пластин и остальными электродами ЭЛТ, а также емкостью монтажа. При симметричной схеме выходного каскада усилителя каждое плечо каскада оказывается нагруженным емкостью, равной $2C_{пл}$, поскольку напряжение отклонения изменяется в противоположной полярности, а следовательно, емкость заряжается до удвоенного выходного напряжения одного плеча и соответственно потребляет от каскада удвоенный зарядный ток (сказанное не относится к ЭЛТ с распределенными системами отклонения луча).

Трубки с радиальным отклонением луча. Для исследования процессов в полярной системе координат применяют круговую развертку луча. Трубки, предназначенные для этих целей, кроме обычной отклоняющей системы имеют устройство для смещения луча в радиальном направлении. По окружности луч перемещается отклоняющими пластинами, на которые подается синусоидальное напряжение развертки. Исследуемый сигнал подается к системе радиального отклонения. Последняя практически выполняется в виде двух усеченных конусов или штыря, расположенного по оси трубки и проводящего покрытия на колбе (рис. 8). В первом случае за обычными отклоняющими пластинами располагаются два усеченных конуса; радиусы их и углы наклона образующих к оси трубки различны. Отклоняющие пластины служат для перемещения луча по ко-

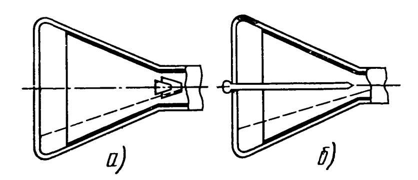


Рис. 8. Схемы устройства трубок с радиальным отклонением луча:
а — с центральным электродом; *б* — с коническими электродами

нической поверхности между конусами, а исследуемый сигнал отклоняет луч в радиальном направлении. Во втором случае в центре экрана по оси трубки впаивается проводящий штырь, к которому подводится исследуемый сигнал. Поле, отклоняющее луч в радиальном направлении, создается штырем и проводящим покрытием на колбе.

Многолучевые трубки. Для исследования двух и более одновременно протекающих процессов используются многолучевые трубки. В таких трубках имеется несколько (практически до пяти) электронно-оптических систем, каждая из которых формирует и отклоняет «собственный» электронный луч. Для исключения взаимного влияния электронно-оптических систем между ними устанавливаются экраны. Подавая на отклоняющие пластины соответствующие постоянные напряжения, можно совмещать осциллограммы, создаваемые различными электронно-оптическими системами. Электроды каждой электронно-оптической системы имеют самостоятельные выводы. Фактически каждая ЭЛТ такого типа представляет собой совокупность нескольких осциллографических трубок, конструктивно совмещенных в одном баллоне.

Трубки с послеускорением электронов. Наиболее эффективным путем создания трубок с высокой чувствительностью, разрешающей способностью и яркостью свечения экрана является использование дополнительного ускорения электронов луча после его отклонения. Такие трубки часто называют трубками с последующим ускорением электронов луча. В трубках с последующим ускорением между временными отклоняющими пластинами и экраном располагаются один или несколько кольцевых электродов, имеющих потенциалы более высокие, чем потенциал последнего электрода прожектора. Эти электроды выполнены в виде проводящих покрытий, отделенных от покрытия горловины трубки и имеющих отдельные выводы на баллоне. В трубках с одним электродом последующего ускорения (его обычно называют третьим анодом) к нему подводится напряжение, в 2—2,5 раза превышающее напряжение второго анода. Проводящее покрытие горловины трубки и электрод послеускорения образуют электронную линзу (рис. 9,*а*). Электростатическое поле линзы несколько смещает электронный луч к оси трубки, снижая чувствительность отклонения.

Последующее ускорение позволяет увеличить яркость свечения экрана и несколько улучшить фокусировку, так как при высоких ускоряющих напряжениях на качество фокусировки меньше влияют силы взаимного расталкивания электронов в луче. Для достижения очень высокой яркости (что особенно необходимо для получения удовлетворительно различимого изображения при большой скорости перемещения луча по люминофору) напряжение последующе-

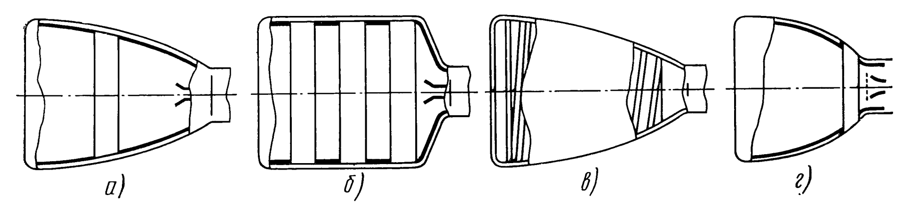


Рис. 9. Схемы устройства систем послеускорения электронов в осциллографических трубках:

а — с одной ступенью послеускорения; *б* — с несколькими ступенями послеускорения; *в* — со спиральным покрытием; *г* — с мелкоструктурной сеткой

го ускорения повышают до 15 ... 18 кВ. В этом случае во избежание электрических пробоев и искажений формы исследуемого сигнала используют несколько кольцевых анодов послеускорения, называемых соответственно третьим, четвертым анодом и т. д. (рис. 9,*б*), причем каждый следующий анод находится под более высоким напряжением, чем предыдущий.

Однако даже разделение системы послеускорения на несколько ступеней все же приводит к заметному отклонению луча к оси трубки, т. е. к понижению чувствительности к отклонению. Для устранения этого явления в ряде типов ЭЛТ вместо нескольких анодов послеускорения применяют высокоомную спираль, наносимую на стенки баллона трубки между отклоняющими пластинами и экраном (рис. 9,*в*). Ближайший к ЭОС конец спирали соединяется со вторым анодом, а противоположный находится под существенно более высоким напряжением третьего анода.

Благодаря большому сопротивлению спирали (несколько десятков или даже сотен мегаом) ее потенциал вдоль оси трубки возрастает плавно, не образуя электростатических линз, снижающих чувствительность в трубках со ступенчатым послеускорением. Недостатком этой конструкции являются большая трудоемкость нанесения спирали и трудность обеспечения стабильности ее сопротивления в процессе эксплуатации трубки. Это ограничивает распространение трубок с послеускорением спирального типа.

В новейших типах осциллографических трубок, сочетающих высокую яркость экрана с большой чувствительностью к отклонению, после отклоняющих пластин перпендикулярно оси ЭОС устанавливается мелкоструктурная сетка (рис. 9,*г*), на которую подается напряжение второго анода. Эта сетка не представляет препятствия для прохождения сквозь нее электронного луча, но между ней и проводящим покрытием третьего анода образуется *рассеивающая* электростатическая линза. В результате электронный луч дополнительно отклоняется от оси трубки, и фактическая чувствительность к отклонению не только не уменьшается, но даже возрастает.

Четкость изображения. Чем лучше сфокусирован электронный пучок, т. е. чем меньше размеры площадки, в которую удается свести электроны в пучке в момент их удара в экран, тем выше четкость получаемого на экране изображения. Размеры этой площадки, называемой «электронным пятном», непосредственно измерить практически невозможно по двум причинам. Во-первых, плотность тока в поперечном сечении пучка непостоянна: она максимальна на его оси и постепенно спадает к краям, так что электронное пятно не имеет четких границ. Во-вторых, для измерения размеров пятна необходимо, чтобы оно было неподвижным на экране, но при этом даже при ничтожно малых значениях тока люминофор под электронным пятном мгновенно прожигается на всю толщину своего слоя. Поэтому четкость изображения осциллографических ЭЛТ измеряется косвенно методом сжатого растра, который заключается в следующем. Растр, на котором производилось измерение яркости свечения экрана, при тех же напряжениях на всех электродах сжимают, уменьшая напряжение на сигнальных пластинах, пока визуально не исчезнет строчная структура растра. Полагая, что это происходит в тот момент, когда все строки соприкасаются своими краями, зная количество строк в растре и измеряя высоту растра в момент исчезновения строчной структуры, можно определить ширину каждой строки, просто разделив измеренное значение высоты растра на число строк. Так определяется диаметр электронного пятна в одном направлении. Однако

из-за разных причин пятно может иметь не круглую, а эллипсовидную форму. Поэтому обязательно производится измерение ширины строки в направлении, перпендикулярном предыдущему, путем подачи на временные пластины напряжения с кадровой частотой, а на сигнальные — со строчной; после этого снова измеряют ширину строки так, как это описано выше. За результат обычно принимается худшее из двух полученных значений.

Как было показано выше, изменение напряжения на модуляторе изменяет не только значение тока луча, но и плотность тока на оси электронного пучка и эмиттирующую поверхность катода. Поэтому при изменении этого напряжения наряду с изменением яркости неизбежно меняются и размеры электронного пятна, т. е. четкость изображения.

Четкость изображения осциллографических трубок (этот параметр носит название «ширины сфокусированной линии») измеряется непосредственно в миллиметрах. Следует иметь в виду, что в данном случае, как и при измерении яркости, норма на «ширину линии» указывается для значения тока луча (или напряжения модуляции) в *растровом* режиме; для однострочного режима наблюдения осциллограмм данная ширина линии обеспечивается (как и яркость) при меньшем токе.

Скорость записи. В приемных ЭЛТ, в том числе осциллографических, электронный луч перемещается по экрану вдоль развертки с большой скоростью. Так, в телевизионном кинескопе с диагональю экрана 61 см эта скорость составляет 27 000 км/ч или 7,5 мм/мск.

Для осциллографических ЭЛТ, предназначенных для фоторегистрации получаемых на экране трубки осциллограмм, в справочных данных приводится параметр «скорость записи», измеряемый в миллиметрах в микросекунду (мм/мкс). Смысл этого параметра заключается в следующем.

При воспроизведении однократных электрических процессов на экране ЭЛТ свечение экрана тем слабее, чем быстрее перемещается по нему след электронного луча (электронное пятно), так как при этом в единицу времени в каждую облучаемую электронами точку экрана попадает все меньше электронов. Очевидно, что в принципе можно представить себе такую скорость перемещения электронного луча, при которой возбуждаемое им на экране свечение люминофора окажется неразличимо слабым.

Очевидно также, что при высокой скорости перемещения электронного луча по экрану яркость свечения экрана может оказаться недостаточной для фотографирования, т. е. на фотоматериале после его проявления вообще не будет изображения осциллограммы или оно окажется настолько слабым, что изучение полученной фотографии будет невозможно.

Понятие «скорость записи» означает такую скорость перемещения электронного пятна по экрану, при которой еще возможно фотографирование осциллограммы на фотоматериал заданной светочувствительности.

Скорость записи осциллографических ЭЛТ измеряется путем фотографирования однократно высвечиваемой электронным лучом строки (при заданной скорости перемещения электронного луча) с последующим измерением степени почернения изображения строки на фотоматериале; эта степень не должна быть менее заданной. При этом в технической документации указываются не только электрический режим на электродах ЭЛТ, но и относительное отверстие объекта, светочувствительность применяемого фотоматериала, рецепт проявителя и режим проявления.

Время готовности. Для осциллографической ЭЛТ оно определяется как время с момента включения напряжения накала (при рабочих напряжениях на других электродах) до момента достижения заданного значения тока катода или заданной яркости свечения экрана. Обычно принимают, что за время готовности ток катода трубки (или яркость) должен достичь 80% установившегося значения (установившимся считают значение, измеряемое через 10 ... 15 мин после включения трубки). Практически время готовности ЭЛТ определяется временем разогрева катода до рабочей температуры. В ЭЛТ, параметры которых приведены в настоящем справочнике, используются подогревные оксидные катоды, время разогрева которых составляет 20 ... 30 с. За это время ток катода нарастает до 40 ... 50% установившегося значения. Однако в приводимых справочных данных, как правило, указывается значение времени готовности (2 мин). Это связано с тем, что после быстрого возрастания тока катода и соответственно тока луча до названных выше значений происходит сравнительно медленная стабилизация теплового режима катода, ЭОС и ЭЛТ в целом. Однако эти процессы для радиолюбительской практики существенного значения не имеют и можно считать, что трубка готова к работе через 20 ... 30 с после включения.

Поскольку в процессе эксплуатации трубки эмиссионная способность катода ухудшается, то время готовности (особенно оцениваемое по достижению заданного процента от установившегося значения тока луча) постепенно возрастает.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ТРУБОК

Долговечность и надежность. Одним из важнейших эксплуатационных параметров осциллографических трубок является долговечность. Понятие долговечности в известной мере условно. Долговечностью называется продолжительность испытаний группы однотипных трубок в «типовом» (условном) режиме, в течение которой основные параметры у определенного числа трубок должны сохраняться в заданных пределах,

Испытания трубок на долговечность проводятся на заводах-изготовителях трубок. Для проведения испытаний из текущей продукции отбирают определенное число трубок.

Для оценки годности трубок при испытаниях на долговечность устанавливаются параметры — критерии долговечности, например яркость. Трубка считается годной, если в течение испытаний на долговечность яркость свечения ее на экране не становится меньше некоторой величины, определенной в качестве критерия долговечности. Например, устанавливается, что если в начале испытаний яркость должна быть не менее 50 кд/м^2, то к концу испытаний она должна быть не менее 40 кд/м^2. В рассматриваемом примере трубка, имеющая яркость 39 кд/м^2, в конце испытаний будет считаться вышедшей из строя. Однако оператор, работающий с осциллографом, этого не заметит, так как он установит необходимую ему яркость, регулируя напряжение модулятора. При испытаниях на долговечность напряжение модулятора не регулируется. В этом

состоит очевидная условность критериев долговечности и самого понятия долговечности. В действительности фактическая долговечность трубок намного превышает указываемую в справочных данных (как правило, в несколько раз). В последние годы вместо термина «долговечность» используется термин «наработка».

Для оценки эксплуатационных возможностей трубок более строгим критерием является надежность. Надежность трубки — это ее способность выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации в течение заданного периода времени при сохранении параметров в установленных пределах.

Для оценки надежности используются количественные показатели, основным из которых является интенсивность отказов. Отказом называется полная или частичная потеря работоспособности, оцениваемая, например, по критериям долговечности.

Интенсивностью отказов называется отношение числа отказавших трубок за определенный период эксплуатации к числу годных трубок. Интенсивность отказов $\lambda(t)$ определяется формулой

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{(N - n)\,\Delta t}, \tag{6}$$

где Δn — число трубок, отказавших за промежуток времени Δt; n — число трубок, отказавших к началу промежутка времени Δt; N — число трубок, поставленных на испытание.

Отказы трубок принято разделять на две группы: внезапные отказы и отказы за счет постепенного ухудшения параметров (так называемого «старения»). При внезапном отказе трубка неожиданно теряет работоспособность полностью, например, за счет обрыва или перегорания подогревателя, пробоя изоляции между катодом и подогревателем, трещины стекла и т. п. Постепенное ухудшение параметров и отказы за счет «старения» обусловлены снижением эмиссионной способности катода, ростом утечек между электродами, ухудшением вакуума. Отказ за счет «старения» можно предвидеть (прогнозировать), наблюдая за изменениями параметров трубки, и заблаговременно заменить трубку, параметры которой заметно ухудшаются.

Интенсивность отказов изменяется в процессе эксплуатации трубки. Она относительно велика в начальный период работы, в основном в первые часы. Затем наступает длительный период, в течение которого интенсивность отказов относительно постоянна и практически очень мала. Через какое-то время трубка неизбежно «стареет», в основном за счет снижения эмиссионной способности катода, и интенсивность отказов резко растет. Как правило, время, соответствующее началу роста интенсивности отказов, намного превышает время, соответствующее окончанию испытаний на долговечность. Следует отметить, что с увеличением количества наработанных часов интенсивность внезапных отказов падает.

Работоспособность электронно-лучевой осциллографической трубки существенно зависит от режима ее эксплуатации. Электрические режимы работы трубки определяют интенсивность физических и химических процессов, протекающих в ней и обусловливающих характер и скорость изменения электрических и светотехнических параметров трубки.

В первую очередь работоспособность трубки зависит от напряжения накала, которое определяет температуру катода. Во всех осциллографических трубках используются оксидные катоды, в которых источником электронов служит нагретый до 800 ... 850° С эмиссионный слой, состоящий из смеси окислов щелочно-земельных металлов (бария, стронция и кальция) и частично этих же чистых металлов. Эмиссионный слой наносится на торец колпачка, изготовляемого из специального никелевого сплава; внутри колпачка помещается подогреватель, нагревающий колпачок и эмиссионный слой до рабочей температуры. Любые отклонения напряжения накала от номинального (временные или постоянные, в сторону повышения напряжения накала или понижения его) раньше или позже приводят к уменьшению тока катода, токов анодов и яркости свечения экрана.

Принято считать, что для обеспечения хорошей эмиссионной способности эмиссионный слой должен содержать определенное количество металлического бария. Концентрация металлического бария в эмиссионном слое очень мала по абсолютной величине, но отклонения ее от оптимальной величины (в любую сторону) резко изменяют эмиссионные свойства катодов. Уменьшение концентрации свободного бария ухудшает электропроводность эмиссионного слоя и понижает его эмиссионную способность; повышение концентрации свободного бария также ухудшает эмиссионные свойства, так как барий — менее эффективный эмиттер, чем окись бария. «Баланс» концентрации свободного бария, обеспечивающий нормальную работоспособность оксидного катода, определяется примерно двадцатью различными физико-химическими процессами интенсивность которых зависит от температуры (напряжения накала).

Повышение напряжения накала увеличивает скорость испарения веществ, составляющих эмиссионный слой, в частности уменьшает концентрацию свободного бария. Поэтому даже при относительно небольшом повышении напряжения накала по сравнению с номинальным эмиссионные свойства катода и параметры трубки заметно ухудшаются. Практически при эксплуатации трубок напряжение накала не должно превышать номинальное более чем на 5 ... 10%; отклонение напряжения накала от номинального значения более чем на ±10% совершенно недопустимо. Для примера укажем, что эксплуатация ЭЛТ при напряжении накала 7 В вместо 6,3 В снижает долговечность более чем в пять раз. Отклонения напряжения накала от номинального в пределах ±(5 ... 10) % допустимы как кратковременные и в общей сложности не должны превышать 10% срока гарантийной наработки. Отклонения напряжения накала в пределах не более ±5% номинального значения практически не сказываются на эксплуатационной надежности ЭЛТ.

Понижение напряжения накала способствует так называемому «отравлению катода». Вакуум в баллоне трубки никогда не бывает идеальным; всегда в объеме баллона имеются «остаточные» газы. Они связывают свободный барий и понижают активность катода — «отравляют» его. Скорость отравления катода резко возрастает по мере понижения напряжения накала, так как в этом случае уменьшается концентрация свободного бария.

Повышение напряжения накала помимо ухудшения эмиссионной способности катода приводит к возникновению ряда других нежелательных явлений. Испаряющиеся с катода вещества осаждаются на модуляторе, других электродах и изоляторах электронно-оптической системы. В результате возникают токи утечки между электродами.

Повышение напряжения накала означает повышение температуры подогревателя катода. Последний представляет собой спираль, навитую из проволоки тугоплавкого металла и покрытую слоем изолятора — окиси алюминия (алунда). Алунд при низких температурах — хороший диэлектрик, однако при рабочих температурах подогревателя (1100 ... 1200° С) его изоляционные свойства несколько ухудшаются и в цепи катод — подогреватель возникают токи утечки. Особенно резко они растут при повышении напряжения накала сверх номинального, а также при длительной эксплуатации трубки в условиях подачи напряжения накала, превышающего номинальное значение. В результате происходит пробой изоляционного слоя алунда, обычно сопровождающийся расплавлением и перегоранием подогревателя.

Экспериментально установлено, что при отрицательном потенциале катода относительно подогревателя пробивные напряжения ниже, чем при положительном. Поэтому в справочных данных для положительной полярности подогревателя относительно катода указываются меньшие значения предельно допустимых напряжений, чем для отрицательной. Токи утечки между катодом и подогревателем нестабильны и в процессе эксплуатации, как правило, растут. Величина тока утечки между катодом и подогревателем практически не имеет значения, если подогреватель можно соединить с катодом. Однако, если это сделать невозможно (например, при подаче исследуемого сигнала на катод и особенно при заземлении подогревателя), возникает паразитная модуляция тока луча (и соответственно яркости свечения экрана) переменным напряжением накала. Даже при незаземленном подогревателе это явление может оказаться заметным за счет паразитных емкостей между обмотками силового трансформатора.

Электроды трубок закрепляются на изоляторах, обладающих хорошими диэлектрическими свойствами (стекло, керамика). Однако в процессе изготовления трубок, а также при эксплуатации происходит частичное испарение различных материалов и образование тонких проводящих пленок. Между электродами подаются высокие разности потенциалов, следствием чего является возникновение токов утечек между электродами. Абсолютные значения токов утечек малы и, как правило, меньше допустимых для источников питания токов нагрузки. Токи утечки существенно изменяются в процессе эксплуатации (они могут возрастать и уменьшаться), поэтому создаваемые ими падения напряжения на сопротивлениях, к которым подключены электроды трубки, компенсировать регулировкой напряжений источников питания не удается. Следует отметить, что наиболее частой причиной утечек при эксплуатации ЭЛТ являются увлажнение и запыленность поверхности прибора, особенно вблизи выводов ножки и выводов на баллоне, т. е. снаружи ЭЛТ. Единственный реальный путь снижения вредного влияния токов утечки на режим работы трубки состоит в том, чтобы препятствовать их возникновению, содержать трубку, панель, токоведущие части в чистоте.

Наиболее неприятен случай возникновения тока утечки между катодом и модулятором (именно этот ток растет при повышении напряжения накала) и модулятором и другими электродами в тех видах аппаратуры, в которых на модулятор подается сигнал, модулирующий яркость. Обычно такой сигнал подается на модулятор через емкость C, а постоянное напряжение $E_{см}$ — через достаточно большое сопротивление R. Во избежание искажений формы наблюдаемого сигнала, (в особенности это относится к сигналам сложной фор-

мы — например, прямоугольным импульсам) величину произведения RC стремятся выбрать большой. Однако в этом случае падение напряжения на сопротивлении R, создаваемое даже небольшим током утечки, может оказаться сравнимым с напряжением $E_{см}$. При изменениях тока утечки во времени результирующее напряжение между катодом и модулятором оказывается нестабильным.

Сопротивление утечки в цепи катод — модулятор нелинейно зависит от напряжения, что может привести к появлению эффекта детектирования полезного сигнала и к соответствующим искажениям его формы.

Допустимое значение тока утечки в цепи катод — модулятор для большинства типов трубок не превышает 5 мкА при напряжении катод — модулятор —(100 ... 150) В. Кроме того, для каждой трубки указывается предельно допустимое значение сопротивления в цепи модулятора, при котором можно эксплуатировать трубку.

На электроды трубок подаются высокие напряжения. В этих условиях могут возникать не только токи утечек, но и пробои — кратковременные разряды между электродами. Причиной пробоев могут быть проводящие пленки на поверхностях изоляторов, возникающие вследствие осаждения различных веществ, выделяющихся внутри баллона трубки в процессе эксплуатации. Причиной пробоев в высоковольтных трубках могут служить и микроскопические острия на поверхности электродов. Высокие напряженности поля могут вызвать автоэлектронную эмиссию с острий, под воздействием которой возникает газоотделение деталей и ионизация выделяющихся газов. Развитие этих процессов приводит к возникновению дугового пробоя. Для предотвращения таких пробоев электроды в процессе изготовления трубки тщательно полируются. В процессе откачки и тренировки трубок производится операция прожига остающихся острий путем подачи высокого напряжения. Особенно опасен пробой с какого-либо электрода на катод; в этом случае катод полностью выходит из строя.

Во избежание пробоев недопустимо даже кратковременное превышение предельно допустимых значений напряжений на электродах. Полезно предусматривать защиту аппаратуры от кратковременных пробоев в трубке. Простейший способ защиты состоит во включении в цепь анода трубки ограничительного резистора сопротивлением около 500 кОм.

Частой причиной выхода осциллографических трубок из строя при эксплуатации является прожог люминофорного покрытия экрана электронным лучом. Как правило, это происходит в результате снятия напряжений с отклоняющих пластин работающей трубки (по невнимательности или при отказе в схеме). При снятии напряжений только с одной пары пластин осциллограмма на экране превращается в одну прямую линию, плотность тока в которой возрастает настолько, что приводит к выгоранию люминофора и появлению на экране темной полосы уже за несколько минут. Гораздо более серьезны последствия снятия напряжений с обеих пар отклоняющих пластин. При этом электронный луч перестает отклоняться и непрерывно бомбардирует одну точку в центре экрана. В результате люминофорный слой прожигается практически мгновенно. Для предотвращения подобных явлений необходимо предусматривать в аппаратуре автоматическое запирание луча при отклонении или выходе из строя схем питания отклоняющих пластин.

Но и при нормально работающих схемах питания пластин возможны довольно быстрое снижение яркости экрана и появление на нем темных слабо светящихся участков.

Это явление особенно часто встречается при эксплуатации низковольтных осциллографических ЭЛТ (с номинальным анодным напряжением не выше 1,5 кВ), если они эксплуатируются при пониженном анодном напряжении. Так, при анодном напряжении порядка 0,6 ... 0,7 кВ потемнение экрана может стать заметным уже через несколько часов эксплуатации. В этом случае электроны с относительно низкими энергиями проникают только в поверхностный слой люминофора, в результате чего он быстро истощается. Другой причиной этого явления может быть эксплуатация при чрезмерно большой плотности тока, чаще всего при установлении на экране совершенно неподвижного изображения (осциллограмм или строчно-кадровых разверток) при большом токе луча на сравнительно долгое время (несколько часов). В результате после отключения трубки на ее экране остается заметный темный отпечаток этого изображения. Поэтому *настоятельно рекомендуется не оставлять трубку включенной долгое время с неподвижным изображением на экране*; вообще, эксплуатировать трубку следует при такой минимальной яркости изображения, которая обеспечивает наблюдение за ним.

В заключение следует отметить, что подача на модулятор напряжения, положительного относительно катода (даже в пределах +1 ... 2 В), может в течение нескольких минут вывести трубку из строя ввиду сильного нагрева модулятора и выделения из него газов, отравляющих катод. Поэтому такой режим категорически запрещен; в схемах, предусматривающих подачу на модулятор каких-либо сигналов для модуляции яркости изображения, необходимо принятие мер, предотвращающих попадание на модулятор положительного напряжения при максимальных амплитудах подаваемых сигналов.

В процессе эксплуатации ЭЛТ катод неизбежно постепенно утрачивает свою эмиссионную активность. Это происходит как за счет постепенного испарения атомов бария с поверхности катода, т. е. «истощения» катода, так и за счет постепенного механического разрушения и химического отравления поверхности катода молекулами остаточных газов в объеме трубки.

В результате ухудшения эмиссионной способности катода уменьшается ток луча и соответственно яркость свечения экрана.

Чтобы получить прежнюю яркость, приходится уменьшать отрицательное смещение на модуляторе относительно катода, чтобы увеличить рабочую (эмиттирующую) поверхность катода и за счет этого увеличить ток и яркость. В результате этого возрастают размеры скрещения (см. рис. 2) и, как следствие, размеры электронного пятна на экране (которое представляет собой электронно-оптическую проекцию скрещения на экран), т. е. снижается четкость изображения.

Ширина сфокусированной на экране ЭЛТ линии для многих типов трубок является критерием годности при испытаниях на наработку.

О характере изменений параметров ЭЛТ в процессе эксплуатации трубки можно судить по данным табл. 2.

Превышение любого предельного режима в эксплуатации ведет к снижению надежности ЭЛТ. Особенно опасно превышение двух или более предельных значений.

Таблица 2

Параметр	Характер изменения
Ток накала	Возрастает
Ток катода	Уменьшается
Ток утечки катод — подогреватель	Возрастает, но иногда может уменьшаться
Токи утечки в цепях модуляторов и других электродов	Возрастают
Токи первого, второго и других анодов	Уменьшаются; ток второго анода растет из-за падения плотности тока луча
Модуляция	Возрастает
Яркость свечения экрана	Уменьшается
Паразитное свечение экрана	Возрастает
Чувствительность	Не изменяется
Ширина сфокусированной линии	Увеличивается
Геометрические искажения	Не изменяются
Время готовности	Возрастает

Интенсивность отказов ЭЛТ возрастает непропорционально степени интенсификации режима эксплуатации. Так, например, если эксплуатация трубки при повышенном (по отношению к номинальному) напряжении накала на 5% повышает интенсивность отказов вдвое и если увеличение тока луча вдвое при прочих равных условиях повышает интенсивность отказов также в два раза, то одновременное воздействие этих факторов приведет к снижению надежности трубки не в четыре раза, а по меньшей мере в восемь — десять раз.

Наиболее опасными сочетаниями предельных режимов являются:

повышенное напряжение накала и повышенный ток катода;

повышенное напряжение накала и повышенное напряжение между катодом и подогревателем (особенно при положительном потенциале подогревателя относительно катода);

повышенное напряжение накала и напряжения на других электродах;

повышенное напряжение накала и сопротивление в цепи модулятора;

пониженное напряжение накала и повышенный ток катода.

Практически для сохранения высокой работоспособности ЭЛТ следует стабилизировать напряжение накала; при этом достаточно обеспечить стабилизацию этого напряжения в пределах $\pm 1\%$ номинального значения.

Не следует делать вывод о том, что ЭЛТ полезно эксплуатировать в неких облегченных «тепличных» условиях. Наоборот, известно, что в процессе хранения ЭЛТ, когда она не работает вообще, параметры трубки могут заметно ухудшаться (см. ниже).

Конструкция системы крепления ЭЛТ в осциллографе должна исключать возможность воздействия на трубку таких механических воздействий, которые могут привести к выводу трубки из строя. Так, в местах сопряжения трубки с крепежными элементами целесообразно применение демпфирующих прокладок из фетра, сукна или резины. Сами места закрепления трубки должны выбираться так, чтобы ее баллон не испытывал изгибающих усилий под действием массы трубки. Надеваемая на штырьки цоколя (или ножки — у бесцокольных трубок) контактная панель с подведенными к ней проводами также

не должна вызывать появления усилий изгиба в баллоне; подведенные к панели провода должны иметь минимально допустимое сечение для уменьшения их массы и достаточно большую длину до мест их подсоединения к элементам схемы — натяг проводов, могущий привести к возникновению различных усилий в баллоне трубки, недопустим. Те же соображения должны быть приняты во внимание применительно к проводам и их присоединительным элементам, подключаемым к боковым выводам на баллоне трубки (выводы третьего и последующих анодов, выводы отклоняющих пластин), если таковые имеются у трубки.

Конструкция осциллографа должна обеспечить надежное экранирование ЭЛТ от воздействия внешних и внутренних электромагнитных полей. Защитный экран изготовляется из материалов с высокой магнитной проницаемостью, например пермаллоя марки 80НХС толщиной 0,5 ... 0,7 мм. Для восстановления магнитных свойств материала, частично утрачиваемых в процессе механической обработки материала, готовый экран отжигают в атмосфере инертного газа (во избежание окисления). Наиболее чувствительной к воздействию электромагнитных полей является прикатодная область ЭОС, поэтому на соответствующую часть горловины трубки полезно надевать второй магнитный экран.

Устойчивость к внешним воздействиям. В процессе хранения, транспортировки и эксплуатации осциллографические ЭЛТ как сами по себе, так и в составе аппаратуры могут подвергаться различным механическим воздействиям (вибрация, удары), а также климатическим воздействиям (повышенная температура, пониженная температура, высокая влажность окружающей среды). Каждый тип ЭЛТ в зависимости от того, для каких условий эксплуатации он предназначен, должен поэтому выдерживать внешние воздействия определенной интенсивности без потери работоспособности как во время воздействия этих факторов, так и после него. Интенсивность допустимых для трубок данного типа внешних воздействий указывается в технических условиях на трубки. Все современные ЭЛТ сохраняют работоспособность после воздействия практически встречающихся при транспортировке и эксплуатации механических и климатических факторов.

Следует иметь в виду, что трубка способна сама по себе выдерживать те или иные нагрузки, но во время их действия работающий с трубкой оператор не способен полностью использовать возможности трубки в силу физиологических особенностей человека.

Так, трубка способна работать при температуре окружающей среды +70 ... —60° С, но оператор может работать в таких условиях в течение крайне ограниченного времени. Трубка же может работать в условиях вибрации, но если амплитуда ее колебаний соизмерима с ее шириной линии (доли миллиметров) или превосходит ее, то глаза оператора не могут воспринимать осциллограмму на экране в силу инерционности человеческого зрения и изображение представляется ему размытым (примерно так же, как глаз не видит спиц во вращающемся колесе велосипеда). В этом отличие приемных ЭЛТ, к которым относятся осциллографические трубки, от прочих классов электровакуумных приборов, ибо трубки являются неотъемлемой частью системы «машина — человек» и конечные параметры зависят не только от трубки, но и от возможностей оператора.

Следует иметь в виду также, что трубка способна работать в условиях повышенной (до 99%) влажности; при этом конструкция осциллографа долж-

на предусматривать меры, препятствующие возникновению утечек и пробоев между внешними выводами трубки, а также между проводами, находящимися под высоким напряжением.

Сохраняемость. Под сохраняемостью понимается способность трубки сохранять свои параметры в процессе и после длительного ее хранения в определенных условиях, т. е. при определенной, указываемой в технических условиях на трубки температуре и влажности. Сохраняемость отечественных трубок в зависимости от различных факторов составляет 4—8 лет, в течение которых изготовитель гарантирует годность трубки при выполнении условий ее хранения.

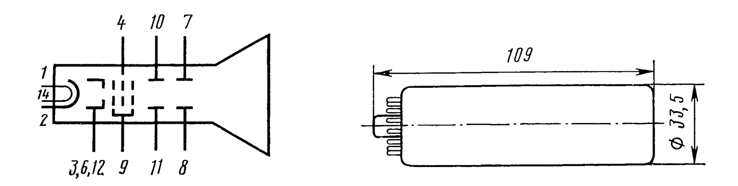
Следует иметь в виду, что *характеристики долго хранящейся трубки постепенно неизбежно ухудшаются*, так как из ее внутренних элементов, пусть весьма медленно, но выделяются молекулы остаточных газов; возможно также крайне медленное натекание воздуха в хранящуюся трубку. В условиях эксплуатации эти явления обычно не оказывают заметного влияния на параметры трубки, так как электронный луч при наличии в трубке высоких напряжений на электродах неизбежно ионизирует появляющиеся молекулы остаточных газов и эти ионы захватываются специально имеющимся в трубке *газопоглотителем* — в неработающей же трубке ионизированные молекулы газов почти не поглощаются газопоглотителем. Кроме того, нагретый катод в работающей ЭЛТ существенно слабее отравляется остаточными газами, чем холодный катод в хранящейся долгое время трубке.

Поэтому следует всегда помнить, что осциллографические ЭЛТ (как и кинескопы для телевизоров) изготовляются в первую очередь для того, чтобы работать, а не храниться впрок.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ТРУБОК

3ЛО1И

Миниатюрная однолучевая трубка с экраном круглой формы из оптического плоскопараллельного стекла. Предназначена для визуального наблюдения и фотографирования различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах, допускает проведение обмеров изображения с помощью внешних беспараллаксных измерительных средств.



Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана 28 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,3 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель: 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 6, 12 — модулятор; 7 — временная отклоняющая пластина X_1; 8 — временная отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 5, 13 — не подключены.

Оформление — стеклянное бесцокольное. Масса 0,2 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0 ... 50 В; U_{a2}=0,5 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 90) В.

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция (при яркости экрана 5 кд/м^2), В		35
Ток первого анода, мкА	—50	100
Ток второго анода, мкА		300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,15	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,18	
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,4
паразитное свечение экрана, кд/м^2		0,1
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		10
модулятор — все электроды		10
пластина X_1 — пластина X_2		3
пластина Y_1 — пластина Y_2		3
пластина X_1 — все электроды		10
пластина Y_1 — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		8

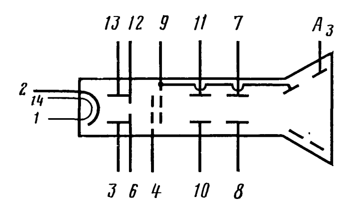
Предельные эксплуатационные данные

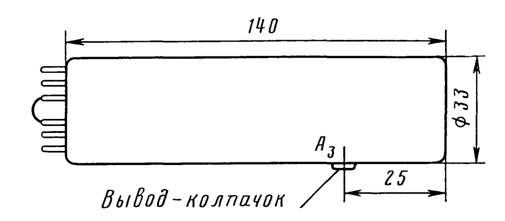
Наименование	Не более	Не менее
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	150
Напряжение второго анода, В	500	800
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	450	450
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

3ЛО2Л

Миниатюрная трубка с экраном круглой формы из плоскопараллельного оптического стекла, синим цветом свечения экрана и коротким послесвечением.

Предназначена для использования в качестве источника модулированного света (мерцание яркости по заданному закону) для визуального наблюдения и фоторегистрации электрических процессов.





Диаметр рабочей части экрана не менее 20 мм. Ширина сфокусированной линии в рабочей части экрана не более 0,4 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 12, 13 — модулятор (посадочный); A_3 — третий анод (боковой вывод на баллоне). Вывод 5 — не подключен.

Оформление — стеклянное бесцокольное. Масса 0,2 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} < 150$ В; $U_{a2} = 1000$ В; $U_{a3} = 4000$ В; $U_{зап} = -(40 ... 100)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Ток первого анода, мкА	—50	50
Ток второго анода, мкА		100
Ток третьего анода, мкА		20
Ток утечки в цепи катод — подогреватель, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		30
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин	0,08	
сигнальных отклоняющих пластин	0,1	
Яркость экрана, мкВт/см²·ср	70	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	30	
модуляция, В		37
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		6

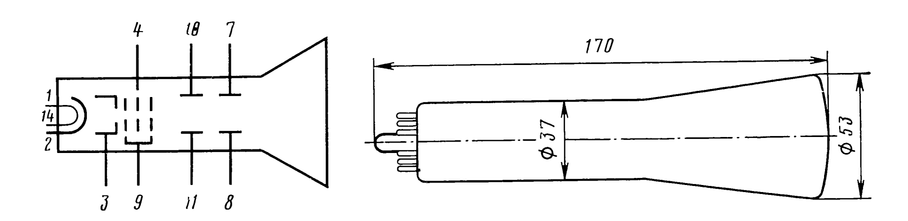
Предельные эксплуатационные данные	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	300
Напряжение второго анода, В	800	1500
Напряжение третьего анода, В	3600	4400
Напряжение модулятора, В	—125	0

Напряжение катод — подогреватель, В	0	—135
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—400	400
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

5ЛО2И

Малогабаритная однолучевая трубка с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 44 мм. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,4 мм, на краю экрана не более 0,5 мм.

Выводы электродов; 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 5, 6, 12, 13 — не подключены.

Оформление — стеклянное бесцокольное. Масса 0,15 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0—200 В; U_{a2}=1 кВ; $U_{зап}$=—(20 ... 60) В

Наименование	Не более	Не менее
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		30
Ток первого анода, мкА	—50	150
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора. мкА		5
Яркость экрана, кд/м²	4	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин, X_1, X_2 . . .	0,2	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2 . . .	0,25	
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм	—	0,5
напряжение модуляции, В	—	37

Емкости между электродами, пФ:

катод — все электроды	6
модулятор — все электроды	10
пластина X_1 — пластина X_2	3
пластина Y_1 — пластина Y_2	3
пластина X_1 — все электроды	10
пластина Y_1 — все электроды	10
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	8
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	8

Предельные эксплуатационные данные

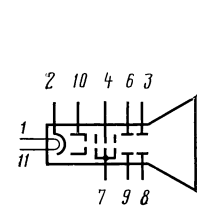
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	—125	—1
Напряжение первого анода, В		550
Напряжение второго анода, В	500	1100
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—660	600
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,5
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1

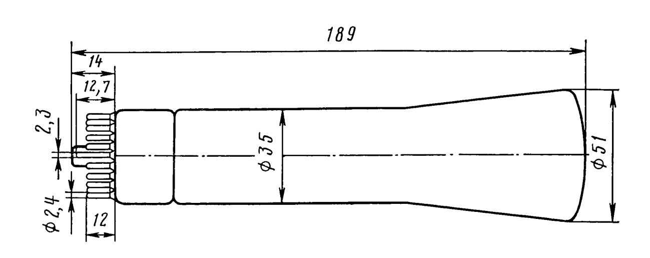
5ЛО38И

Малогабаритная однолучевая трубка с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана 44 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,5 мм. Время послесвечения не более 0,1 с.





Выводы электродов: 1, 11 — подогреватель; 2 — катод; 3 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 4 — первый анод; 6 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 7 — второй анод; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 10 — модулятор; 5 — не подключают.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса, 0,25 кг.

Основные параметры
при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 130 \dots 300$ В; $U_{a2} = 1{,}1$ кВ; $U_{зап} = -(30 \dots 90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, В	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	—50	150
Ток катода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,09	0,14
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,11	0,16
Яркость экрана, кд/м²	6,4	
Время готовности, мин		2
Наработка ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,63
паразитное свечение экрана, кд/м²		0,1
Емкость между электродами, пФ:		
катод — все электроды		7,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		2
пластина X_1 — пластина X_2		2
пластина X_1 — все электроды		12,5
пластина Y_2 — все электроды		11
пластина X_1 — все электроды, кроме пластины X_2		12
пластина X_2 — все электроды, кроме пластины X_1		10
пластина Y_2 — все электроды, кроме пластины Y_1		10
пластина Y_1 — все электроды, кроме пластины Y_2		9

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		550
Напряжение второго анода, В	500	1100
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—660	660
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,5
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

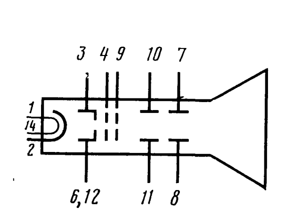
6ЛО1И

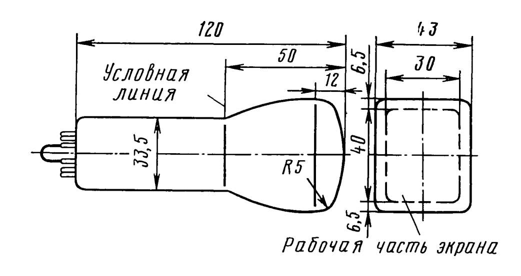
Миниатюрная однолучевая трубка с экраном прямоугольной формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 30×40 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,3 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 6, 12 — модулятор; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная от-





клоняющая пластина Y_1; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 5, 13 — не подключены.

Оформление — стеклянное бесцокольное. Масса 0,2 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6,3$ В, $U_{а1} = 45 \dots 135$ В; $U_{а2} = 1,2$ кВ; $U_{зап} = -(30 \dots 90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция (при яркости экрана 5 кд/м²), В		25
Ток первого анода, мкА	—50	100
Ток второго анода, мкА		300
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —125 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,11	0,15
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,15	0,20
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,4
модуляция, В		30
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды	6	
модулятор — все электроды	10	
пластина X_1 — пластина X_2	3	
пластина Y_1 — пластина Y_2	3	
пластина X_1 — все электроды	10	
пластина Y_1 — все электроды	10	
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	8	
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	8	
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	8	
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	8	

Предельные эксплуатационные данные

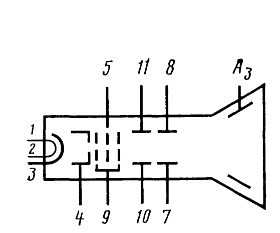
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	300
Напряжение второго анода, В	600	1500
Напряжение модулятора, В	—135	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—135	0

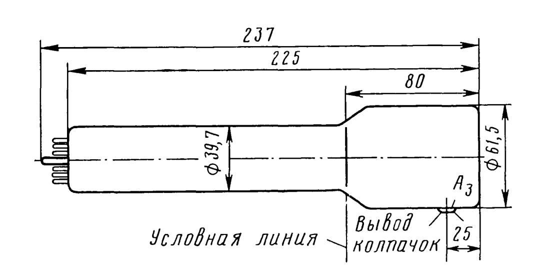
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—450	450
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

6ЛО2А

Малогабаритная однолучевая трубка с экраном круглой формы с плоской поверхностью с одной ступенью послеускорения.

Предназначена для фотографирования различных электрических процессов в радиоэлектронной аппаратуре, в том числе в осциллографах с механической разверткой луча.





Цвет свечения экрана — синий. Размер рабочей части экрана 35×35 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,4 мм.

Выводы электродов: 1, 2 — подогреватель; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — первый анод; 6 — не подключать; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; $А_3$ — боковой вывод на баллоне — третий анод.

Оформление — стеклянное бесцокольное с плоским экраном и боковым выводом на баллоне. Масса 0,23 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0 В; U_{a2}=3 кВ; U_{a3}=6 кВ; $U_{зап}$=—(40...90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		42
Ток катода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА		30
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя — 135 В относительно катода), мкА		50
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		7
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2 . . .	0,06	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2 . . .	0,14	
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	120	
Наработка, ч	500	

Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,5
ток третьего анода, мкА	30	
яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	80	
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды	8	
катод — все электроды	8	
пластина X_1 — пластина X_2	3,5	
пластина Y_1 — пластина Y_2	4,5	
пластина Y_1 — все электроды	6	
пластина Y_2 — все электроды	6	

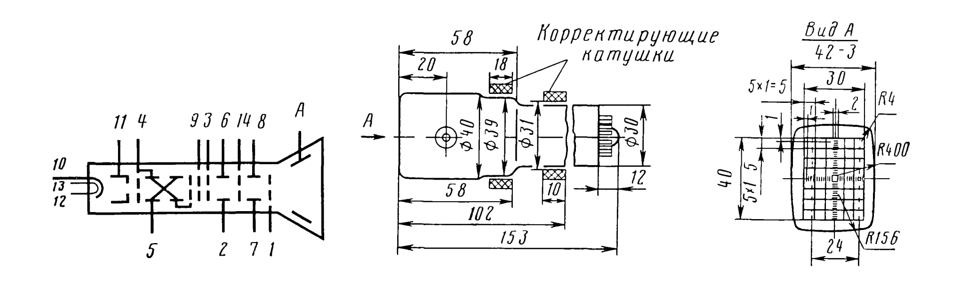
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1500
Напряжение второго анода, В	2700	3300
Напряжение третьего анода, В	5500	7000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода	2	3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

6ЛО3И

Малогабаритная однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами и внешними корректирующими магнитными катушками, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и внутренней измерительной шкалой,

Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 30×40 мм. Послесвечение экрана — среднее.

Выводы электродов: 1 — сетка; 2,6 — сигнальные отклоняющие пластины; 3 — третий анод; 4 — второй анод; 5 — бланкирующие пластины; 7, 8 — временные отклоняющие пластины; 9 — первый анод; 10 — катод; 11 — модулятор; 12, 13 — подогреватель; 14 — четвертый анод; А — пятый анод.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,15 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0. ... 150 В; U_{a2}=700 В; U_{a3}=—40 ... 40 В; U_{a4}=—50 ... ... 50 В; U_{a5}=2 кВ; $U_{зап}$=—(15 ... 60) В; $U_{зап\ бланк.пл}$=60 В; U_c=—(0 ... ... 100) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,08	0,1
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		54
Ширина сфокусированной линии, мм		0,5
Яркость свечения экрана, кд/м²	15	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,5	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,5	
Геометрические искажения, %		3
Нелинейность отклонения, %		3
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке		
яркость свечения экрана, кд/м²	12	
паразитное свечение экрана, кд/м²		0,1
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
модуляция, В		57
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		6
модулятор — все электроды		12
пластина Y_1 — пластина Y_2		4
пластина X_1 — пластина X_2		4,5
пластина Y_1 — все электроды, кроме пластины Y_2		6
пластина X_1 — все электроды, кроме пластины X_2		7
бланкирующие пластины — все электроды		12

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, В	600	800
Напряжение пятого анода, кВ	1,8	2,2
Напряжение модулятора, В	—30	—135
Отклонение среднего потенциала временных отклоняющих пластин от потенциала второго анода, В	—15	+15

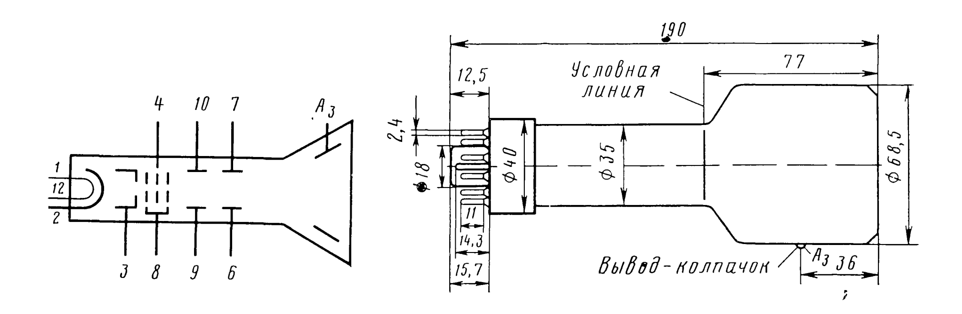
7ЛО1М

Малогабаритная однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы из плоскопараллельного стекла.

Предназначена для фотографической регистрации различных быстропротекающих электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — синий. Диаметр рабочей части экрана не менее 52 мм, Фронтальное стекло — оптическое плоскопараллельное. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,5 мм; в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра колбы, не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 12 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 6 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 8 — второй анод; 9 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; A_3 — боковой вывод на баллоне — третий анод.



Оформление — стеклянное с цоколем и боковым выводом на баллоне. Масса 0,35 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=100 ... 235 В; U_{a2}=1,4 кВ; U_{a3}=2,8 кВ, $U_{зап}$=—(38 ... ... 104) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		70
Ток первого анода, мкА	—100	200
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		10
Время послесвечения, с		$1\cdot10^{-4}$
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,07	0,11
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,08	0,13
Яркость экрана мкВт/(см^2·ср)	0,5	
Наработка, ч	600	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,7
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		10
пластина X_1 — пластина X_2		3
пластина Y_1 — пластина Y_2		3
пластина X_1 — все электроды		10
пластина Y_1 — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		8
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		8

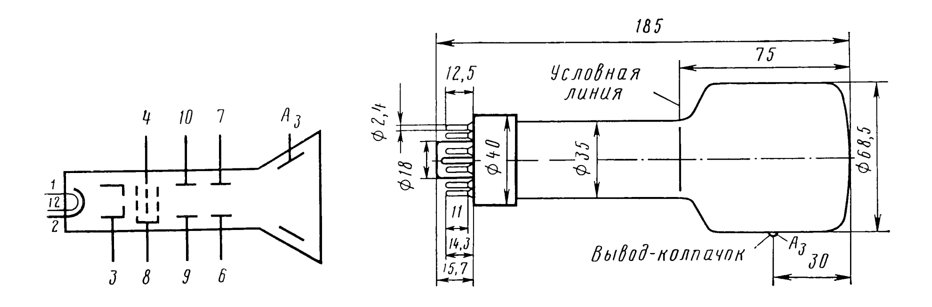
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		550
Напряжение второго анода, В	1000	1500
Напряжение третьего анода, В	1300	3000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—450	450
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

7ЛО55И

Малогабаритная однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройства.



Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 600 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 12 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод; 8 — второй анод; 6 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 5, 11 — не подключены; $А_3$ — боковой вывод на баллоне — третий анод.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 0,3 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; $U_{а2}$=1,4 кВ; $U_{а3}$=2 кВ; $U_{зап}$=—(38 ... 114) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		70
Ток первого анода, мкА	—100	200

Ток второго анода, мкА		500
Ток третьего анода, мкА		100
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —125 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м²	32	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2 . . .	0,1	0,15
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2 . . .	0,12	0,18
Наработка, ч	600	
Критерий годности при наработке — ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		10
модулятор — все электроды		10
пластина X_1 — пластина X_2		3
пластина Y_1 — пластина Y_2		3
пластина X_1 — все электроды		10
пластина Y_1 — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2 . . .		8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1 . . .		8
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2 . . .		8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1 . . .		8

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		500
Напряжение второго анода, В	1000	1100
Напряжение третьего анода, В	1800	2000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В .	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—450	450
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

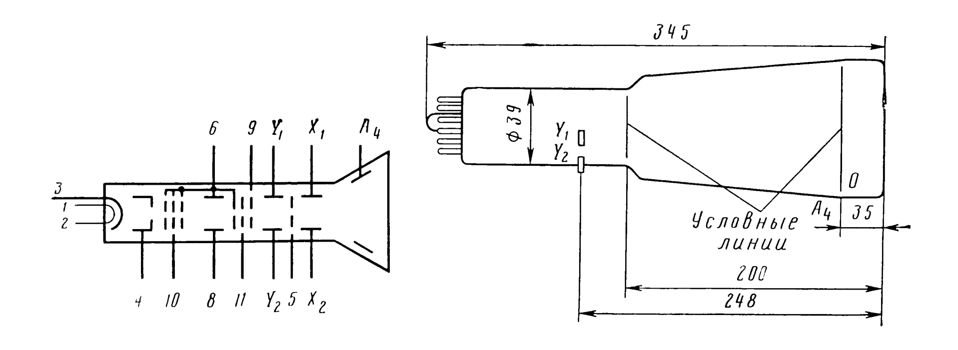
8ЛО4И

Малогабаритная трубка с плоским экраном круглой формы, зеленым цветом свечения и средним послесвечением, с высокой чувствительностью к отклонению, выводами отклоняющих пластин в горловине баллона, обеспечивающими снижение междуэлектродных емкостей и расширение частотного диапазона воспроизводимых сигналов.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов.

Размер рабочей части экрана 40×60 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,55 мм.

Выводы электродов: 1, 2 — подогреватель; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — промежуточный электрод; 6 — второй анод; 8 — пластины бланкирующие; 9 — электрод регулировки астигматизма; 10 — первый анод; 11 — третий анод (фокусирующий); X_1, X_2 — боковые выводы на баллоне — временные отклоняющие пла-



стины; Y_1, Y_2 — боковые выводы на баллоне — сигнальные отклоняющие пластины; A_4 — боковой вывод на баллоне — четвертый анод.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,5 кг.

Основные параметры

при $U_н=6{,}3$ В; $U_{а1}=50$ В; $U_{а2}=700$ В; $U_{а3}=150 \dots 350$ В; $U_{а4}=3700$ В; $U_{бл\ пл}=700$ В; $U_{эл.рег.аст}=650 \dots 750$ В; $U_{пр\ эл}=650 \dots 750$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток экрана темновой, мкА		40
Ток катода, мкА		300
Ток первого анода, мкА		50
Ток третьего анода, мкА		50
Ток электрода регулировки астигматизма, мкА		50
Ток бланкирующих пластин, мкА		100
Ток утечки в цепи катод — подогреватель, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Напряжение модулятора запирающее, В	—55	—25
Напряжение бланкирующих пластин запирающее, В		40
Яркость экрана, кд/м²	0,5	
Чувствительность, мм/В:		
сигнальных отклоняющих пластин	1	1,5
временных отклоняющих пластин	0,8	1
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1250	
Критерии годности при наработке:		
яркость экрана, кд/м²	0,4	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		6
модулятор — все электроды		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		4,5
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		9
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		9
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		6
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		8
бланкирующая пластина — все электроды		11

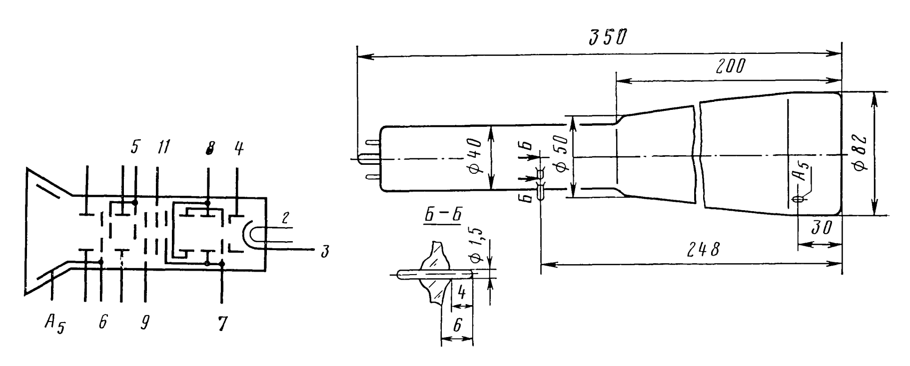
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	25	75
Напряжение второго анода, В	675	725
Напряжение третьего анода, В	150	350
Напряжение четвертого анода, В	3600	3800
Напряжение электрода регулировки астигматизма, В	625	775
Напряжение промежуточного электрода, В	625	775
Напряжение модулятора, В	—120	0
Напряжение бланкирующих пластин (запирающее), В	5	25

8ЛО5И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами и анодом коррекции астигматизма, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — желто-зеленый. Размер рабочей части экрана 42×60 мм.

Выводы электродов: 1, 2 — подогреватель; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — экранирующие пластины; 6 — четвертый анод; 7 — второй анод; 8 — бланкирующие пластины; 9 — третий анод; 10 — свободный (не подключать); 11 — первый анод (фокусирующий); Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; X_1, X_2 — временны́е отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; A_5 — пятый анод — боковой вывод на баллоне.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U^*_{a1} = 150 \ldots 350$ В; $U^*_{a2} = 700$ В; $U^{**}_{a3} = \pm 50$ В; $U^{**}_{a4} = \pm 50$ В; $U^*_{a5} = 3{,}7$ кВ; $U^*_{зап} = -(15 \ldots 30)$ В; $U^{**}_{зап.бланк.пл} \leqslant 25$ В; $U^{**}_{экр\ пл} = \pm 25$ В.

* Напряжение, измеренное относительно катода.
** Напряжение, измеренное относительно второго анода.

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		200
Ток первого анода, мкА		25
Ток второго анода, мкА		200
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		50
Ток спирали, мкА		40
Ток бланкирующих пластин, мкА		200
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	1	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,7	
Яркость свечения экрана, кд/м^2	25	
Ширина сфокусированной линии, мм		0,55
Геометрические искажения, %		3
Нелинейность отклонения, %		3
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1500	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м^2	20	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
ток спирали, мкА		70
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все остальные электроды		6
модулятор — все остальные электроды		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		4,5
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина Y_1 — все остальные электроды, кроме Y_2		9
пластина X_1 — все остальные электроды, кроме X_2		8
бланкирующие пластины — все остальные электроды		11

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, В	675	725
Напряжение пятого анода, кВ	3,6	3,8
Напряжение модулятора	—80	—1

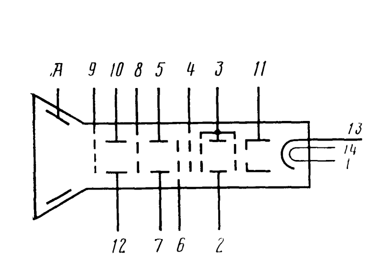
8ЛО6И

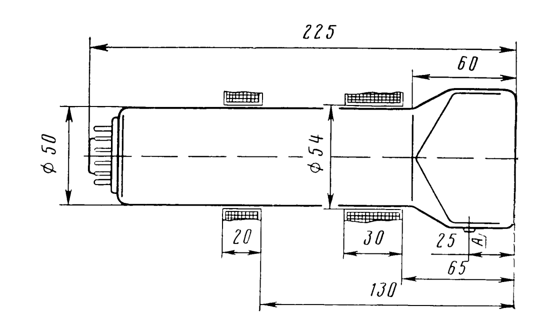
Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами и анодом коррекции астигматизма и внешними корректирующими катушками, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и внутренней измерительной шкалой.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — желто-зеленый. Размер рабочей части экрана 40×60 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — бланкирующие пластины; 3 — второй анод; 4 — первый анод (фокусирующий); 5, 7 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1, Y_2; 6 — третий анод; 8 — четвертый анод; 9 — сетка; 10,





12 — временные отклоняющие пластины X_1, X_2; 11 — модулятор; 13 — катод; А — пятый анод — боковой вывод на баллоне.

Оформление — стеклянное с боковым выводом на баллоне. Масса 0,45 кг.

Основные параметры

при $U_н=6.3$ В; $U^*_{a1}=100...300$ В; $U^*_{a2}=700$ В; $U^{**}_{a3}=\pm50$ В; $U^{**}_{a4}=\pm50$ В; $U^{**}_{a5}=2{,}3$ кВ; $U^{**}_c=\pm50$ В; $U_{зап}=-(20...50)$ В; $U_{зап.бланк.пл}\leqslant 50$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,086	0,105
Ток катода, мкА		400
Ток первого анода, мкА		5
Ток второго анода, мкА		380
Ток третьего анода, мкА		20
Ток четвертого анода, мкА		10
Ток бланкирующих пластин, мкА		200
Ток сетки, мкА		20
Ток пластин		40
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		50
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2		0,9
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2		1,3
Яркость свечения экрана, кд/м²		20
Ширина сфокусированной линии, мм		0,5
Геометрические искажения, %		3
Нелинейность отклонения, %		5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²	16	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все остальные электроды		10
модулятор — все остальные электроды		10
пластина Y_1 — пластина Y_2		7
пластина X_1 — пластина X_2		8
пластина Y_1 — все остальные электроды, кроме Y_2		10
пластина X_1 — все остальные электроды, кроме X_2		10

* Напряжение, измеренное относительно катода.
** Напряжение, измеренное относительно второго анода.

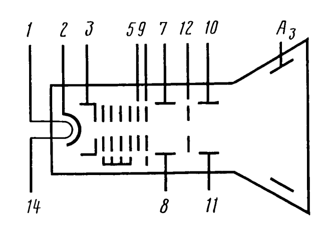
Предельные эксплуатационные данные

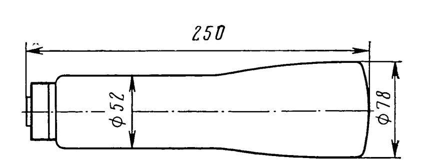
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, В	600	900
Напряжение пятого анода, кВ	2	3
Напряжение модулятора, В	—100	—2
Средний потенциал отклоняющих пластин относительно второго анода	—20	20

8Л07И

Однолучевая трубка с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью, внутренним экраном, разделяющим пластины горизонтального и вертикального отклонения.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 70 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,5 мм. Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10, 11 — временны́е отклоняющие пластины X_1, X_2; 12 — экран; 4 — отсутствует; 6, 13 — не подключены. Оформление — стеклянное бесцокольное. Масса 0,4 кг.

Основные параметры
при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 150 \ldots 350$ В; $U_{a2} = 2$ кВ; $U_{зап} = -(40 \ldots 80)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		30
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА .		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м²	12	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2 . . .	0,25	0,35
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2 . . .	0,5	0,6
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,6
модуляция, В		40

Емкость между электродами, пФ:

катод — все электроды	8
модулятор — все электроды	8
пластина X_1 — пластина X_2	4
пластина Y_1 — пластина Y_2	4
пластина Y_1 — все электроды	10
пластина X_1 — все электроды	12
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	8
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	8

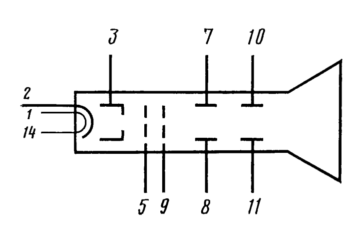
Предельные эксплуатационные данные

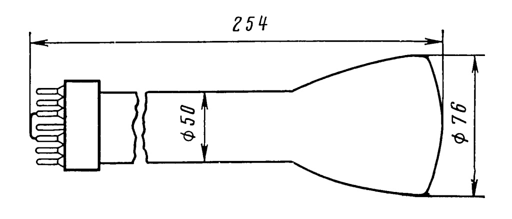
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	600
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение модулятора, В	—150	—1
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1

8ЛО29И, М

Малогабаритная трубка с экраном круглой формы, зеленым цветом свечения со средним послесвечением (И), синим цветом свечения, коротким послесвечением (М).

Предназначена для визуального наблюдения (И), для фоторегистрации (М) различных физических процессов.





Диаметр рабочей части экрана не менее 70 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,55 м; в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра рабочей части экрана, не более 0,75 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временная отклоняющая пластина X_1; 11 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 4, 12 — подключены.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 0,45 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=280 ... 516 В; U_{a2}=1,5 кВ; $U_{зап}$=—(22,5 ... 67,5) В для 8ЛО29И и —(22,5 ... 45) В для 8ЛО29М

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		1000
Ток первого анода, мкА	—50	300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,14	0,21
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,19	0,29
Время готовности, мин		2
Наработка, ч:		
8ЛО29И	1000	
8ЛО29М	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,7
паразитная эмиссия, кд/м²:		
8ЛО29И		0,1
8ЛО29М		0
Модуляция, В		40
Яркость свечения экрана:		
8ЛО29И (при модуляции 40 В), кд/м²	16	
8ЛО29М, мкВт/(см²·ср)	0,4	
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		8
пластина Y_1 — пластина Y_2		4
пластина X_1 — пластина X_2		3
пластина Y_1 — все электроды		15
пластина X_1 — все электроды		12
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		13
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		12
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		8
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		8,3

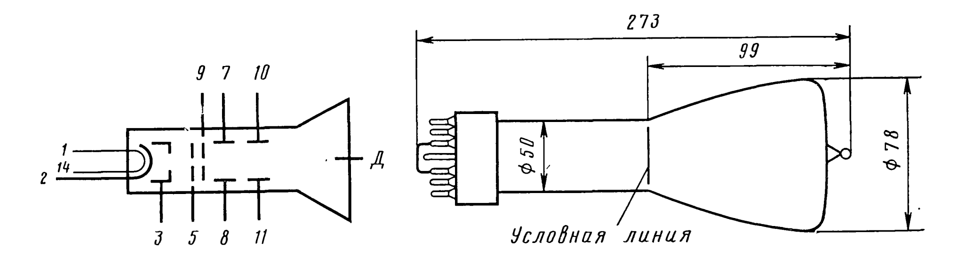
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, кВ		1,1
Напряжение второго анода, кВ	1,5	2,2
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение между любой из пластин и вторым анодом, В	—550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин при частоте 50 Гц, МОм		1

8ЛО30А

Однолучевая трубка с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью и расположенным в центре экрана выводом электрода радиального отклонения.

Предназначена для визуального наблюдения различных электрических процессов при кольцевой развертке электронного луча в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — синий. Диаметр рабочей части экрана не менее 70 мм. Время послесвечения не более $1 \cdot 10^{-2}$ с.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временнáя отклоняющая пластина X_1; 11 — временнáя отклоняющая пластина X_2; Д — вывод на баллоне — электрод радиального отклонения; 4, 12 — не подключают.

Оформление — стеклянное с цоколем и дополнительным выводом на баллоне. Масса 0,45 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=300 ... 517 В; U_{a2}=1,5 кВ; $U_{зап}$=—(22,5 ... 67,5) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		1000
Ток первого анода, мкА	—50	500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Модуляция, В		40
Ширина сфокусированной линии, мм		0,7
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,14	0,21
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,19	0,29
электрода радиального отклонения	0,06	
Время готовности. мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина линии в центре экрана, мм		0,9
паразитное свечение экрана. мкВт/(см^2·ср)	0,05	
Емкости между электродами пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		8
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина Y_1 — пластина Y_2		4
пластина X_1 — все электроды		15
пластина Y_1 — все электроды		12
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		13

пластина X_2 — все электроды, кроме X_1 . . .	13
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2 . .	10
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1 . . .	10
электрод радиального отклонения — второй анод .	3,5

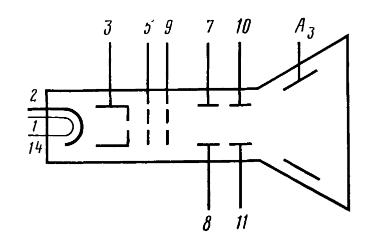
Предельные эксплуатационные данные

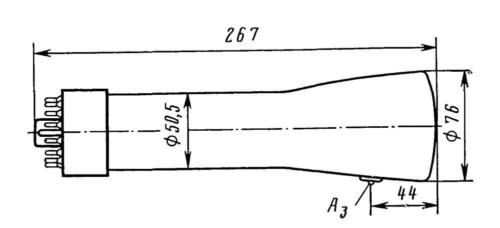
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, кВ		1,1
Напряжение второго анода, кВ	1,5	2,2
	—125	0
Напряжение между любой из пластин и вторым анодом, В	—550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин при частоте 50 Гц, МОм		1

8ЛО39В

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения однократных или медленно изменяющихся во времени электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана — голубой. Цвет послесвечения экрана — желтый. Диаметр рабочей части экрана не менее 64 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,75 мм, в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра рабочей части экрана, не более 1 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 11 — временна́я отклоняющая пластина X_1; A_3 — боковой вывод на баллоне — третий анод.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковым выводом на баллоне. Масса 500 г.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=320 ... 480 В; U_{a2}=2 кВ; U_{a3}=4 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50

Ток первого анода, мкА	—150	500
Ток второго анода, мкА		1500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность временных отклоняющих пластин X_1, X_2, мм/В:		
при напряжении третьего анода 4 кВ	0,13	0,2
при напряжении третьего анода 2 кВ	0,16	0,24
Чувствительность сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2, мм/В:		
при напряжении третьего анода 4 кВ	0,14	0,21
при напряжении третьего анода 2 кВ	0,17	0,26
Яркость экрана, кд/м²	0,24	
Время послесвечения, с	5	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	600	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1,1
паразитная эмиссия, кд/м²		0,2
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды	10,5	
катод — все электроды	10,5	
пластина X_1 — пластина X_2	4	
пластина Y_1 — пластина Y_2	4	
пластина X_1 — все электроды	15	
пластина Y_1 — все электроды	12	
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	13	
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	13	
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	12	
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	12	

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение канала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	3000	4400
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2,3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,6
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

9ЛО1В

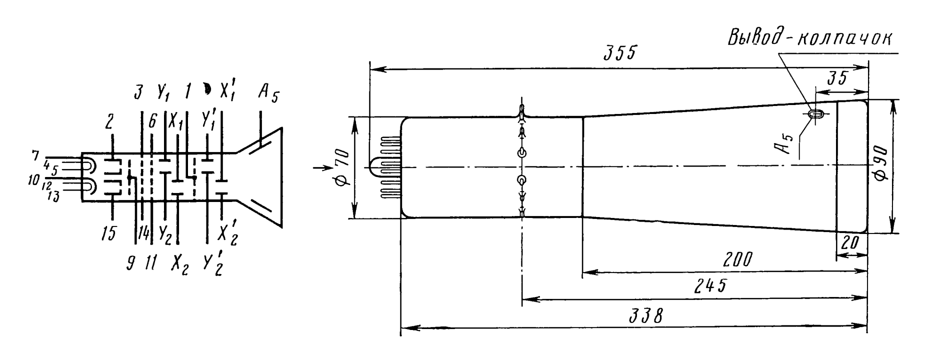
Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых однократных или медленно изменяющихся во времени электрических процессов одновременно в радиоэлектронных устройствах.

9ЛО1И

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана: 9ЛО1В — желтый; 9ЛО1И — желто-зеленый. Размер рабочей части экрана 30×60 мм. Время послесвечения 9ЛО1В — длительное.

Выводы электродов: 1 — четвертый анод (а, в); 2 — модулятор (а); 3 — первый анод (а); 4, 5 — подогреватель (а); 6 — третий анод (а); 7 — катод (а); 8 — не подключен; 9 — второй анод (а, в); 10 — катод (в); 11 — третий анод (в); 12, 13 — подогреватель (в); 14 — первый анод (в); 15 — модулятор (в); A_5 — боковой вывод на баллоне — пятый анод; X_1 (а), X_2 (а) — боковые выводы на баллоне — временные отклоняющие пластины; Y_1 (а), Y_2 (а) — боковые выводы на баллоне — сигнальные отклоняющие пластины; X_1 (в), X_2 (в) — боковые выводы на баллоне — временные отклоняющие пластины; Y_1 (в), Y_2 (в) — боковые выводы на баллоне — сигнальные отклоняющие пластины.

Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,8 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=200...400 В; U_{a2}=1 кВ; U_{a3}=0,95...1,05 кВ; U_{a4}=0,9...1,1 кВ; U_{a5}=2,8 кВ; $U_{зап}$=—(30...90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Ток экрана темновой, мкА		50
Ток первого анода, мА		30
Ток второго анода, мкА		1500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ширина сфокусированной линии, мм		0,55

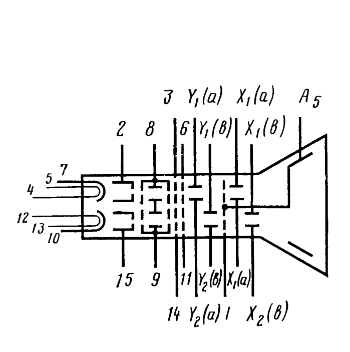
Яркость, кд/м^2:		
9ЛО1В	13	
9ЛО1И	0,5	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,45	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1	
Геометрические искажения, %		5
Наработка, ч	1500	
Критерии годности при наработке:		
яркость, кд/м^2:		
9ЛО1В	8	
9ЛО1И	0,4	
ширина сфокусированной линии, мм		0,55
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		8
модулятор — все электроды		8
пластина X_1 — пластина X_2		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		4
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		9
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		9
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		6
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		6

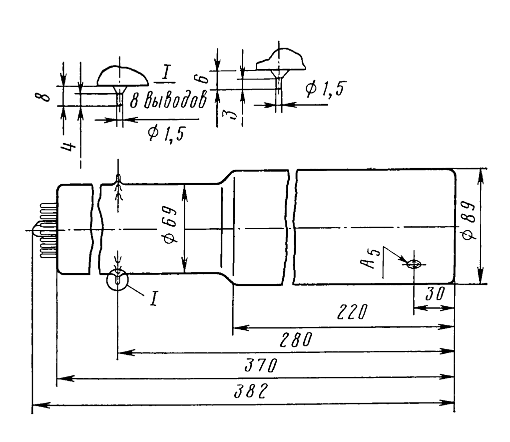
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	200	400
Напряжение второго анода, В	975	1025
Напряжение третьего анода, В	875	1125
Напряжение четвертого анода, В	875	1125
Напряжение пятого анода, В	2750	2850
Напряжение модулятора, В	—180	0

9ЛО2И

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС с бланкирующими пластинами и анодом коррекции астигматизма, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.





Предназначена для визуального наблюдения двух независимых электрических процессов одновременно в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — желто-зеленый. Размер рабочей части экрана 42×60 мм.

Выводы электродов: 1 — четвертый анод (а, в); 2 — модулятор (а); 3 — первый анод (фокусирующий электрод) (а); 4, 5 — подогреватель (а); 6 — третий анод (а); 7 — катод (а); 8 — бланкирующие пластины; 9 — второй анод; 10 — катод (в); 11 — третий анод (в); 12, 13 — подогреватель (в); 14 — первый анод (фокусирующий электрод) (в); 15 — модулятор (в); A_5 — вывод на баллоне — пятый анод; X_1 (а), X_2 (а) — боковые выводы на баллоне — временны́е отклоняющие пластины; Y_1 (а), Y_2 (а) — боковые выводы на баллоне — сигнальные отклоняющие пластины; X_1 (в), X_2 (в) — боковые выводы на баллоне — временны́е отклоняющие пластины; Y_1 (в), Y_2 (в) — боковые выводы на баллоне — сигнальные отклоняющие пластины. Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,8 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=200 ... 400 В; U_{a2}=900 В; $U_{зап}$=—(10 ... 30) В; $U_{зап.бланк.пл} \leqslant 30$ В; U_{a5}=3,4 кВ

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток темного экрана, мкА		40
Ток катода, мкА		300
Ток первого анода, мкА		50
Ток второго анода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		100
Ток бланкирующих пластин, мкА		300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость, кд/м²	25	
Ширина сфокусированной линии, мм		0,55
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,8	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1,05	
Геометрические искажения, %		5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
яркость, кд/м²	20	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6

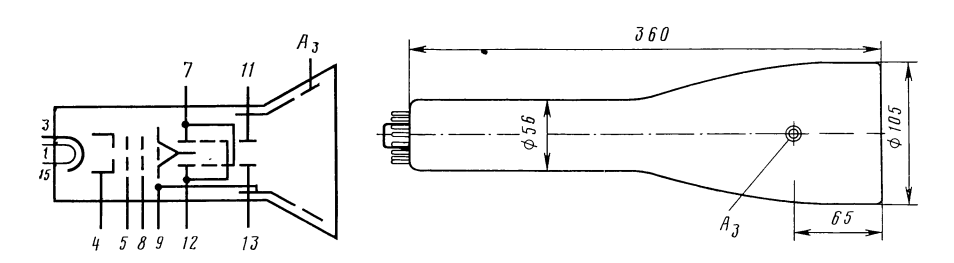
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		925
Напряжение второго анода, В		925
Напряжение третьего анода, В	—100	100
Напряжение четвертого анода, В	—100	100
Напряжение пятого анода, кВ		4,3
Напряжение модулятора, В	—80	0

10ЛО2И

Двухлучевая трубка с одной общей ЭОС с расщеплением луча и двумя парами сигнальных пластин, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для контроля синфазности исследуемых электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 85 мм. Ширина сфокусированных линий обоих лучей в центре не более 0,5 мм.

Выводы электродов: 1, 15 — подогреватель; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — ускоряющий электрод; 7 — пластина первой сигнальной системы (C_1); 8 — первый анод; 9 — второй анод, общая пластина первой и второй сигнальных систем (C_0); 11, 13 — временные пластины (B_1, B_2); 12 — пластина второй сигнальной системы (C_2); A_3 — боковой вывод на баллоне — третий анод послеускоряющий.

Оформление — стеклянное бесцокольное с боковым выводом на баллоне. Масса 1 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=300 ... 600 В; U_{a2}=2,5 кВ; U_{a3}=5 кВ; $U_{уск.эл}$=2,5 кВ; $U_{зап}$= —(40 ... 120) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,5	0,7
Модуляция, В		60
Ток первого анода, мкА		250
Ток второго анода, мкА		800
Ток утечки третьего анода, мкА		3
Яркость экрана, кд/м²	25	
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии обоих лучей в центре экрана, мм		0,6
яркость экрана, кд/м²	20	
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		10
пластина B_1 — пластина B_2		6
пластина C_1 — все электроды, кроме C_0		6
пластина C_2 — все электроды, кроме C_0		6
пластина C_1 — пластина C_2		6

пластина C_1 — пластина C_0	6,5
пластина C_2 — пластина C_0	6,5

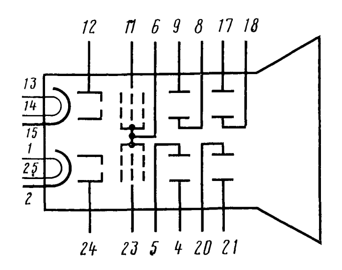
Предельные эксплуатационные данные

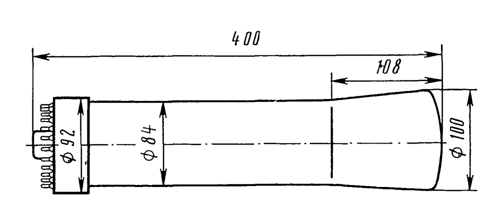
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала	5,7	7,0
Напряжение второго анода, В	1300	3000
Напряжение третьего анода, В	1800	5000
Напряжение модулятора, В	—500	—5
Напряжение ускоряющего электрода, В . . .	1300	3000
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—100	10

10ЛО43И

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых электрических процессов одновременно в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана не менее 76 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,7 мм, на расстоянии 3/8 от максимального размера рабочей части экрана не более 0,9 мм.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (а); 4 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (а); 5 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (а); 6 — второй анод (а, в); 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (в); 9 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 13, 14 — подогреватель (в); 15 — катод (в); 17 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (в); 18 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (в); 20 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (а); 21 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (а); 23 — первый анод (а); 24 — модулятор (а); 3, 7, 10, 16, 19, 22 — не подключены. Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=400 ... 700 В; U_{a2}=2 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		60
Ток первого анода, мкА	—50	500
Ток второго анода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость экрана, кд/м²	3,6	
Время послесвечения, с		0,1
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,17	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Наработка, ч	1000	
Критерий годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,9
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		12
модулятор — все электроды		12
пластина X_1 — все электроды		15
пластина X_2 — все электроды		15
пластина Y_1 — все электроды		15
пластина Y_2 — все электроды		15

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1000
Напряжение второго анода, В	2000	3000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

11ЛО1И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.

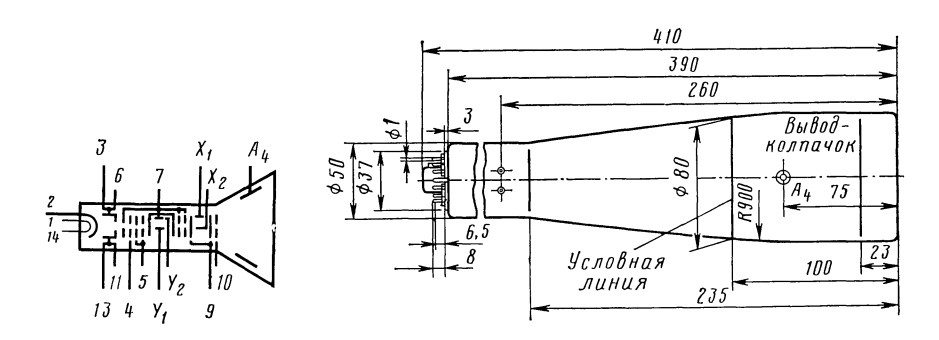
Предназначена для визуального наблюдения и измерения различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Послесвечение — среднее. Размер рабочей части экрана 48×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,5 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3, 6, 11, 19 — модулятор; 4 — первый анод (фокусирующий); 5 — третий анод; 7 — второй анод; 9 — пластины экранирующие; 10 — сетка X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1, Y_2 — сигнальные откло-

няющие пластины — боковые выводы на баллоне; A_4 — четвертый анод; 8, 12 — не подключены.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,7 кг.



Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=250 ... 450 В; U_{a2}=—50 ... 50 В; U_{a3}=—50 ... 50 В; U_{a4}= =8 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 75) В; $U_{экр.пласт}$=—50 ... 50 В; U_c=—50 В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		500
Ток второго анода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		15
Ток темновой четвертого анода, мкА	5	60
Ток сетки, мкА		10
Ток экранирующих пластин, мкА		5
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		25
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,6	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1,8	
Яркость экрана, кд/м^2	70	
Геометрические искажения, %		1,5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
яркость экрана, кд/м^2	55	
модуляция, В		30
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		5
модулятор — все электроды		11
пластина X_1 — пластина X_2		2,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3

Предельные эксплуатационные данные

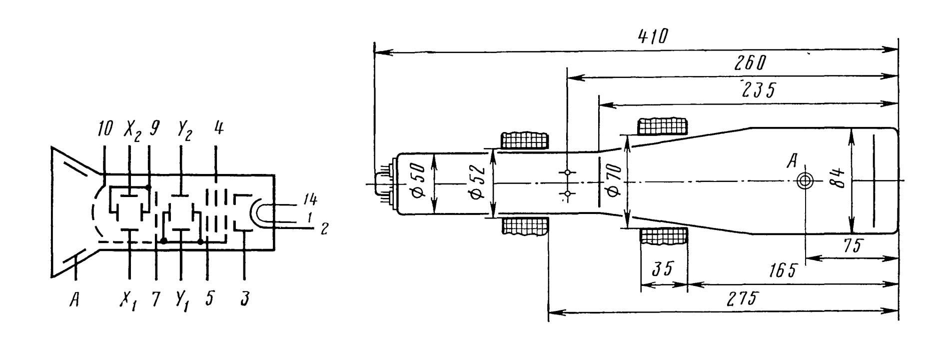
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	—160	—1

Напряжение первого анода, кВ		1
Напряжение второго анода, В	—50	50
Напряжение третьего анода, В	—100	100
Напряжение четвертого анода, кВ	5	9
Напряжение сетки, В	—100	

11ЛО2И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана — 64×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,5 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — первый анод (фокусирующий); 5 — третий анод; 7 — второй анод; 9 — экранирующие пластины; 10 — сетка; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины; А — четвертый анод; 6, 8, 11, 12, 13 — не подключены.

Основные параметры

при $U_н=6{,}3$ В; $U_{a1}=250 \dots 450$ В; $U^{**}_{a2}=\pm 50$ В; $U^{**}_{a3}=\pm 50$ В; $U^{**}_{a4}=8$ кВ; $U^{*}_{зап}=-(30 \dots 75)$ В; $U^{**}_{экр.пласт}=\pm 50$ В; $U^{**}_{c}=-50$ В; $U_к=-2$ кВ

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		500
Ток второго анода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		64
Ток сетки, мкА		10
Ток отклоняющих пластин, мкА		5
Ток экранирующих пластин, мкА		5
Ток спирали, мкА		50

* Напряжение, измеренное относительно катода.
** Напряжение, измеренное относительно среднего потенциала сигнальных пластин.

Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		25
Яркость свечения экрана, кд/м²	70	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,7	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	2,2	
Геометрические искажения, %:		
в рабочей части 64×80		2,5
в рабочей части 48×80		1,5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч		1000
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²	55	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
напряжение модуляции, В		30
ток спирали, мкА		60
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		5
модулятор — все электроды		11
пластина X_1 — пластина X_2		5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3

Примечание. Средний потенциал отклоняющих пластин при измерениях параметров должен быть равен нулю.

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение катода, В	—2200	—1800
Напряжение модулятора, В	—160	—1
Напряжение четвертого анода, В	5000	9000
Средний потенциал временных пластин, В	0	20

11ЛО3В

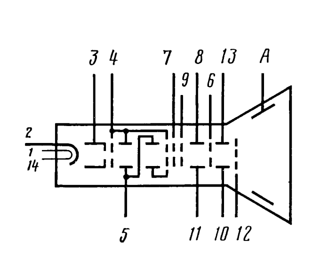
Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью, предназначена для визуального наблюдения однократных или медленно изменяющихся во времени электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

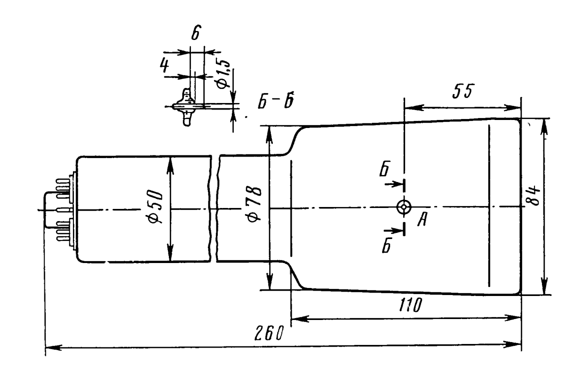
11ЛО3И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 50×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,5 мм. Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — второй анод (ускоряющий); 5 — бланкирующие пластины; 6 — четвертый анод (промежуточный); 7 — первый анод (фокусирующий); 8, 11 — временные отклоняющие пластины X_1, X_2; 9 — третий анод; 10, 13 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1, Y_2; 12 — сетка; А — пятый анод.





Оформление — стеклянное бесцокольное с боковым выводом. Масса 0,6 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U^*_{a1}=200...400 В; U^*_{a2}=1000 В; U^{**}_{a3}=±50 В; U^{**}_{a4}= =±50 В; U^{**}_{a5}=1500 В; $U_{зап}$=—(20...50) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,085	0,105
Ток первого анода, мкА		2
Ток второго анода, мкА		100
Ток третьего анода, мкА		10
Ток четвертого анода, мкА		2
Ток пятого анода, мкА		150
Ток сетки, мкА		10
Ток бланкирующих пластин, мкА		5
Ток катода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость свечения экрана, кд/м²	5	
Яркость паразитного свечения, кд/м²		0,05
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,7	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,9	
Геометрические искажения, %		5
Время послесвечения, с:		
11ЛО3В	10	
11ЛО3И	10^{-3}	
Время готовности, с		45
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²	4	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		7
модулятор — все электроды		9
пластина X_1 — пластина X_2		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		4

* Напряжение, измеренное относительно катода.
** Напряжение, измеренное относительно второго анода.

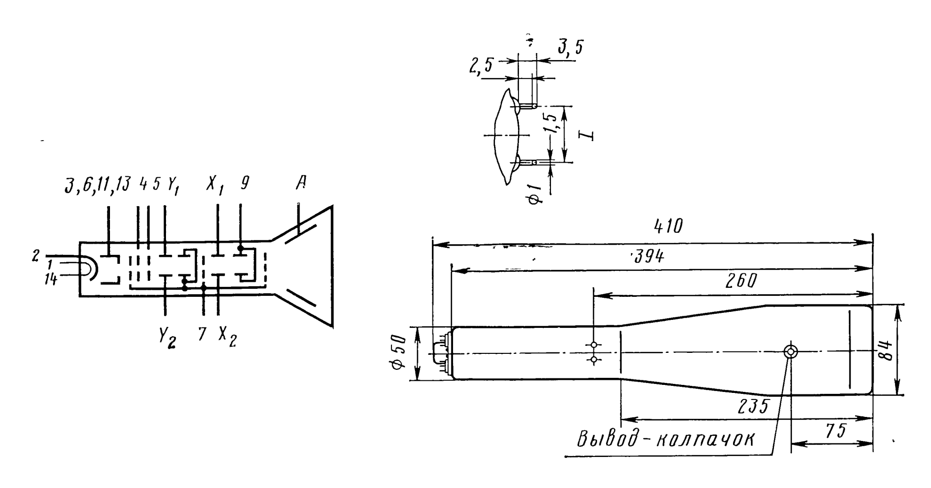
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, кВ	0,8	1,2
Напряжение пятого анода, кВ	1,2	1,65
Напряжение модулятора, В	—150	—1

11ЛО4А

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экранирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.

Предназначена для фоторегистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — синий. Послесвечение экрана — короткое. Ширина сфокусированной линии не более 0,55 мм. Скорость записи не менее 200 км/с.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3, 6, 11, 13 — модулятор; 4 — первый анод (фокусирующий); 5 — третий анод; 7 — второй анод; 9 — экранирующие пластины; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; А — четвертый анод; 8, 10, 12 — не подключают.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=350 ... 550 В; U_{a2}=—25 В; U_{a3}=±50 В; U_{a4}=12 кВ; $U_{экр\ пласт}$=±50 В; $U_{зап}$=—(50 ... 90) В; $U_к$=—2,5 кВ

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток катода, мкА		1600
Ток темновой четвертого анода, мкА		10
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА .		30

Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость свечения экрана, мкВт/(см²·ср)	120	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,6	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1,8	
Нелинейность отклонения, %		3
Геометрические искажения, %		1,5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии, мм		0,65
яркость свечения экрана, мкВт/(см²·ср)	95	
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		5
модулятор — все электроды		11
пластина X_1 — пластина X_2		2,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1000
Напряжение второго анода, В	—50	—10
Напряжение третьего анода, В	—100	100
Напряжение четвертого анода, кВ	8	12,5
Напряжение экранирующих пластин, В	—100	100
Напряжение модулятора, В	—150	0

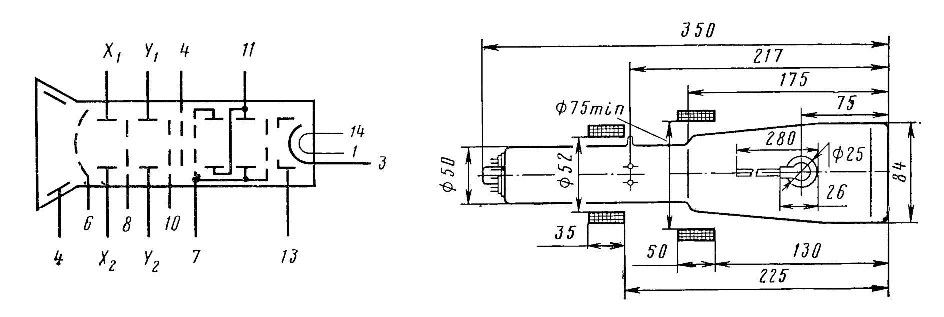
11ЛО5В

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения одноразовых или медленно изменяющихся во времени электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

11ЛО5И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.



Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана: 11ЛО5И — желто-зеленый; 11ЛО5В — желто-оранжевый. Размер рабочей части экрана 60×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,6 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 3 — катод; 4 — первый анод (фокусирующий); 6 — сетка; 7— второй анод; 8 — четвертый анод; 10 — третий анод; 11 — бланкирующие пластины; 13 — модулятор; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; А — пятый анод (боковой вывод); 2, 5, 9 — не подключают.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=400 ... 600 В; U^*_{a2}=1,5 кВ; U^{**}_{a3}=±50 В; U^{**}_{a4}=±50 В; U^*_{a5}=3 кВ; $U^*_{зап}$=—(40 ... 90) В; $U^{**}_{зап.бланк.пл} \geqslant 60$ В; U^{**}_c=—50 В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток первого анода, мкА		10
Ток второго анода, мкА		700
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		50
Ток пятого анода, мкА		15
Ток бланкирующих пластин, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		40
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		8
Яркость свечения экрана, кд/м²:		
11ЛО5В	8	
11ЛО5И	12	
Чувствительность: мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,6	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1	
Геометрические искажения, %		3
Время послесвечения, с:		
11ЛО5В	5	
11ЛО5И	10^{-3}	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	100	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²:		
11ЛО5В	6	
11ЛО5И	9	
ширина сфокусированной линии, мм		0,7
ток пятого анода, мкА		10
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		10
модулятор — все электроды		12
пластина X_1 — пластина X_2		5
пластина Y_1 — пластина Y_2		4
пластина X_1 — остальные электроды		9
пластина Y_1 — остальные электроды		9

* Напряжение, измеренное относительно катода.
** Напряжение, измеренное относительно второго анода.

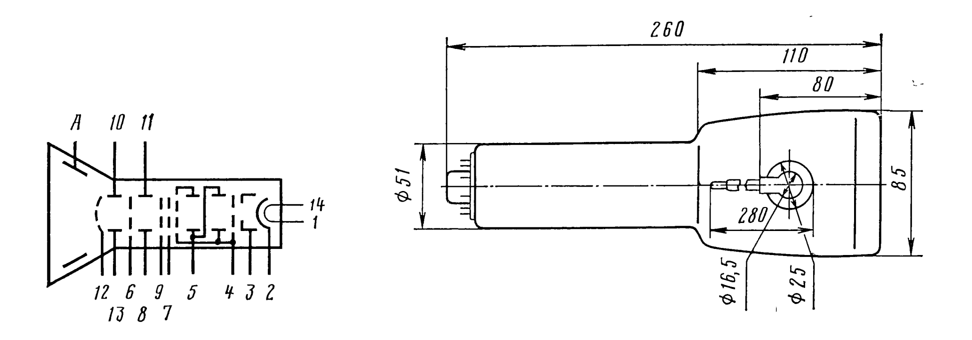
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала	5,7	6,9
Напряжение второго анода, кВ	1	2
Напряжение пятого анода, кВ	Напряжение второго анода	6
Напряжение модулятора, В	—150	0
Напряжение сетки, В	—150	—20
Средний потенциал отклоняющих пластин, В . . .	—50	50

11ЛО6И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами и анодом коррекции астигматизма, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 60×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,5 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — второй анод (ускоряющий); 5 — бланкирующие пластины; 6 — четвертый анод; 7 — первый анод (фокусирующий); 8, 11 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1, Y_2; 9 — третий анод; 10, 13 — временные отклоняющие пластины X_1, X_2; 12 — сетка; А — пятый анод (боковой вывод).

Оформление — стеклянное с боковым выводом на баллоне. Масса 0,6 кг.

Основные параметры

при $U_н=6{,}3$ В; $U_{a1}=200 \dots 500$ В; $U^{*}_{a2}=1{,}5$ кВ; $U^{**}_{a3}=\pm 50$ В; $U^{**}_{a4}=\pm 50$ В; $U^{**}_{a5}=1{,}5$ кВ; $U_{зап}=-(20 \dots 50)$ В; $U_{зап.бланк.пл} \geqslant -60$ В; $U_c=\pm 50$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,085	0,105
Ток первого анода, мкА		2

* Напряжение, измеренное относительно катода.

** Напряжение, измеренное относительно второго анода.

Ток второго анода, мкА		700
Ток третьего анода, мкА		50
Ток четвертого анода, мкА		20
Ток пятого анода, мкА		100
Ток сетки, мкА		20
Ток бланкирующих пластин, мкА		20
Ток катода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		50
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Яркость свечения экрана, кд/м²	20	
Яркость паразитного свечения, кд/м²		0,05
Геометрические искажения, %		5
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²	16	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		7
модулятор — все электроды		9
пластина X_1 — пластина X_2		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		4

Предельные эксплуатационные данные

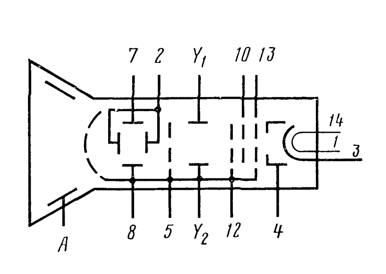
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, кВ	1	2
Напряжение пятого анода, кВ	Напряжение второго анода	3
Напряжение модулятора, В	—150	—5
Средний потенциал отклоняющих пластин, В	—50	50

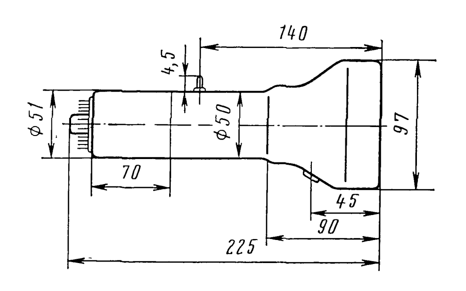
11ЛО9И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с бланкирующими пластинами, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 60×80 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,6 мм.





Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — экранирующие пластины; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — четвертый анод; 7, 8 — временны́е отклоняющие пластины X_1, X_2; 10 — первый анод (фокусирующий); 12 — третий анод (фокусирующий); 13 — второй анод (ускоряющий); сигнальные отклоняющие пластины Y_1, Y_2 — боковые выводы на баллоне; А — пятый анод; 6, 9, 11 — не подключают.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 0,6 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=550 ... 650 В; U_{a2}=0 В; U_{a3}=550 ... 650 В; U_{a4}=—100 В; U_{a5}=8 кВ; $U_{экр.пласт}$=—(50 ... 50) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,08	0,1
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		60
Яркость свечения экрана, кд/м²	80	
Чувствительность мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,8	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	1,4	
Нелинейность отклонения, %		5
Геометрические искажения, %		2
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
модуляция, В		73,5
ширина сфокусированной линии, мм		0,72
яркость свечения экрана, кд/м²	64	
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		8
модулятор — все электроды		15
пластина Y_1 — пластина Y_2		1,8
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина X_1 — все электроды, кроме пластины X_2		5
пластина Y_1 — все электроды, кроме пластины Y_2		15

Предельные эксплуатационные данные

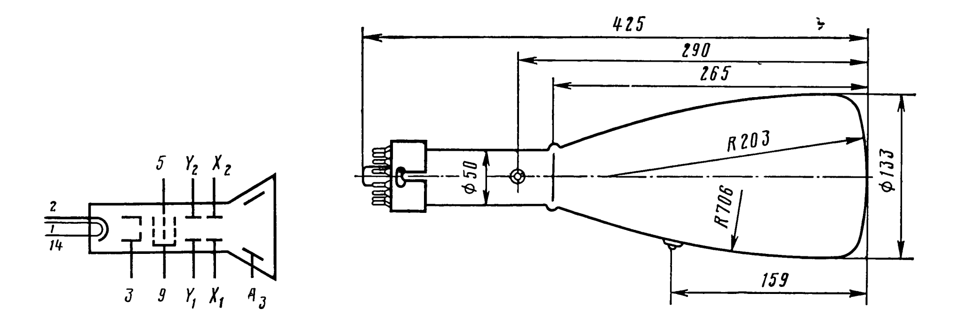
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	—135	—1
Напряжение катода, В	—900	—700
Напряжение пятого анода, кВ	1	9
Средний потенциал временны́х отклоняющих пластин, В		20

13ЛО3И

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана не менее 80×108 мм. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,75 мм, по краям не более 0,9 мм.



Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 9 — второй анод; A_3 — третий анод; X_1 и X_2 — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; 4, 7, 8, 10, 11, 12 — не подключают.

Оформление стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=302 ... 518 В; U_{a2}=1500 В; U_{a3}=3 кВ; $U_{зап}$=—(23 ... 72) В

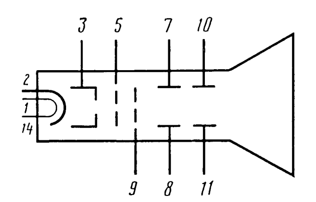
Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		30
Ток первого анода, мкА		50
Ток катода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,35	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,45	
Яркость экрана, кд/м²	20	
Геометрические искажения, %:		
пластина X_1 — пластина X_2	—4	4
пластина Y_1 — пластина Y_2	—2	2
Наработка, ч	1500	
Критерии годности при наработке;		
ширина сфокусированной линии в центре, мм		0,9
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		10
катод — все электроды		10
пластина Y_1 — пластина Y_2		1,5
пластина X_1 — пластина X_2		1,5
пластина X_1 — все электроды, кроме пластины X_2		4
пластина X_2 — все электроды, кроме пластины X_1		4
пластина Y_1 — все электроды, кроме пластины Y_2		3,5
пластина Y_2 — все электроды, кроме пластины Y_1		3,5

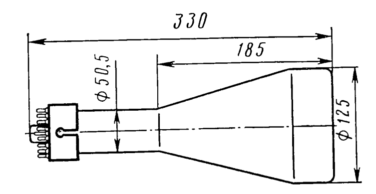
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	1500	4400
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение модулятора относительно катода, В	—125	0
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		2,3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,0

13ЛО6И

Однолучевая трубка с экраном круглой формы с плоской поверхностью. Предназначена для визуального наблюдения различных электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана — зеленый. Диаметр рабочей части экрана 108 мм. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,6 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная пластина Y_1; 8 — сигнальная пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временная пластина X_2; 11 — временная пластина X_1; штырьки 4, 12 — не подключены; 6, 13 — отсутствуют.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 0,9 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=330 ... 430 В; U_{a2}=1,5 кВ; $U_{зап}$=—(22,5 ... 67,5) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток первого анода, мкА	—50	300
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин, X_1, X_2	0,21	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,26	
Яркость экрана, кд/м²	15	
Время послесвечения, с		0,1

Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
напряжение модуляции, В		42
ширина сфокусированной линии в центре, мм		0,75
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды	8	
катод — все электроды	6	
пластина Y_1 — пластина Y_2	3	
пластина X_1 — пластина X_2	4	
временнáя пластина — все электроды соединенные вместе	15	
сигнальная пластина — все электроды, соединенные вместе	10	
временнáя пластина X_1 — все электроды, соединенные вместе, кроме X_2	13	
временнáя пластина X_2 — все электроды, соединенные вместе, кроме X_1	10	
сигнальная пластина Y_1 — все электроды, соединенные вместе, кроме Y_2	8	
сигнальная пластина Y_2 — все электроды, соединенные вместе, кроме Y_1	8	

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1000	2200
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение катод — подогреватель, В	0	125
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		2

13ЛО7В

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС с двумя ступенями послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых одноразовых или медленно изменяющихся во времени электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — голубой. Цвет послесвечения экрана — желтый. Ширина сфокусированной линии в центре не более 0,8 мм, в точке, отстоящей от центра экрана на 3/8 диаметра колбы, не более 1 мм.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (а); 4, 5 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (а), Y_2 (а); 6 — второй анод (а, в); 8, 9 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (в); Y_2 (в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 17, 18 — временные отклоняющие пластины X_1 (в), X_2 (в); 20, 21 — временные отклоняющие пластины X_1 (а); X_2 (а); 23 — первый анод (а); 24 — модулятор (а); A_3, A_4 — третий и четвертый аноды — боковые выводы на баллоне; 3, 7, 10, 16, 19, 22 — не подключены. Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразных систем.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=450...750 В; U_{a2}=2 кВ; U_{a3}=4 кВ; U_{a4}=8 кВ; $U_{зап}$= =—(50...110) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	—50	250
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,24	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,30	
Яркость экрана, кд/м²	65	
Паразитная эмиссия, кд/м²		0,1
Время послесвечения, с	5	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1
модуляция, В		50
паразитная эмиссия, кд/м²		0,2
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		8
катод — все электроды		8

13ЛО11А

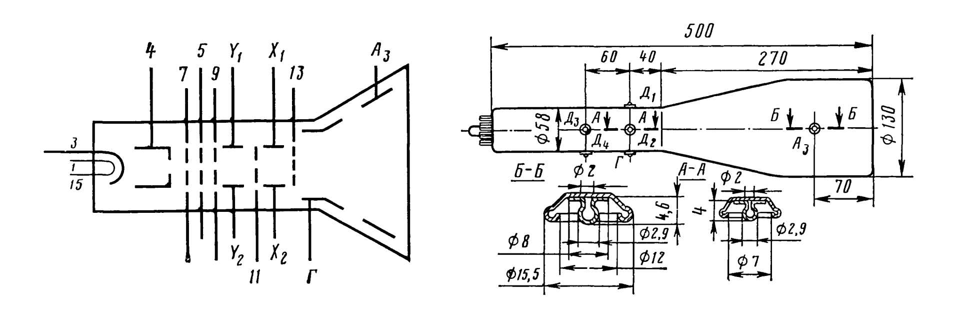
Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фоторегистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

13ЛО11У

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана: 13ЛО11А — синий; 13ЛО11У — светло-зеленый. Размер рабочей части экрана 60×80 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана и на расстоянии 35 мм от центра вдоль направления линии развертки пластин X_1, X_2 не более 0,6 мм, в центре экрана и на расстоянии 25 мм от центра вдоль направления линии развертки пластин Y_1, Y_2 не более 0,8 мм.

Выводы электродов: 1, 15 — подогреватель; 3 — катод; 4 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — ускоряющий электрод; 9 — второй катод; 11 — экран пластин Y_1, Y_2; 13 — сетка; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); A_3 — третий анод (боковой вывод на баллоне); Г — графитовое покрытие (боковой вывод на баллоне); 2, 6, 8, 10, 12, 14 — не подключены.

Оформление — стеклянное бесцокольное с боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н=6{,}3$ В; $U_{а1}=140 \dots 340$ В; $U_{а2}=1$ кВ; $U_{а3}=10$ кВ; $U_{уск.эл}=1{,}5$ В; $U_с=0{,}9 \dots 1{,}1$ кВ; $U_{экр}=0{,}9 \dots 1{,}1$ кВ; $U_{гр.покр}=0{,}9 \dots 1{,}1$ кВ; $U_{зап}=-(30 \dots 90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Модуляция, В		35
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —125 В относительно катода), мкА		100
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		10
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	1,2	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	4,5	
Темновой ток экрана, мкА		120
Нелинейность чувствительности, %		3
Геометрические искажения, %		4
Яркость экрана:		
13ЛО11А, мкВт/(см²·ср)	10	
13ЛО11У, кд/м²	60	
Наработка, ч	750	

Критерии годности при наработке:

ширина сфокусированной линии в центре экрана вдоль направления линии развертки X_1, X_2, мм	0,75
ширина сфокусированной линии в центре экрана вдоль направления линии развертки Y_1, Y_2, мм	0,95
модуляция, В	45

Емкости между электродами, пФ:

модулятор — все электроды	10
катод — все электроды	6,5
пластина X_1 — пластина X_2	2,5
пластина Y_1 — пластина Y_2	2,8
пластина X_1 — все электроды	5,8
пластина Y_1 — все электроды	7,3
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	3,5
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	3,5
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	4,8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	4,8

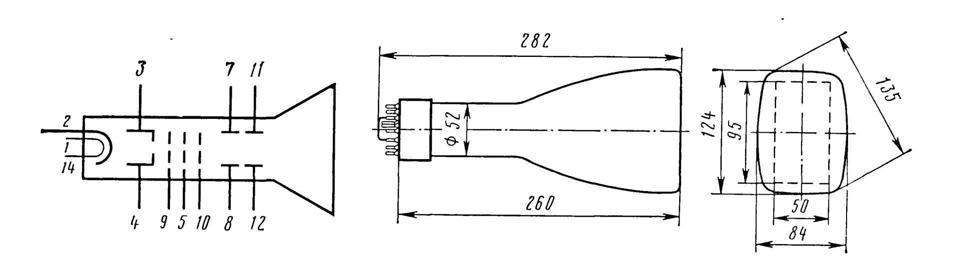
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1000
Напряжение второго анода, В	800	3000
Напряжение третьего анода, В	6000	15000
Разность напряжений между вторым и третьим анодом, В		12000

13ЛО14У

Однолучевая трубка с одной ступенью послеускорения, с экраном с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов в измерительных осциллографах и радиотехнических устройствах.



Цвет свечения экрана — светло-зеленый. Размер рабочей части экрана 50×95 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,6 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3, 4 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — ускоряющий электрод; 10 — второй анод; 11 — временна́я отклоняющая пластина X_1, 12 — временна́я отклоняющая пластина X_1.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,5 кг.

Основные параметры
при $U_н$=6,3 В; $U_{а1}$=400 ... 1000 В; $U_{а2}$=3,5 кВ; $U_{уск.эл}$=3,5 кВ; $U_{зап}$= =—(30 ... 80) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,16	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Время послесвечения, с		0,01
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
модуляция, В		42
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,72
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		5
модулятор — все электроды		9
пластина Y_1 — пластина Y_2		3
пластина X_1 — пластина X_2		4,5
пластина X_1 — все электроды		10,5
пластина Y_1 — все электроды		7

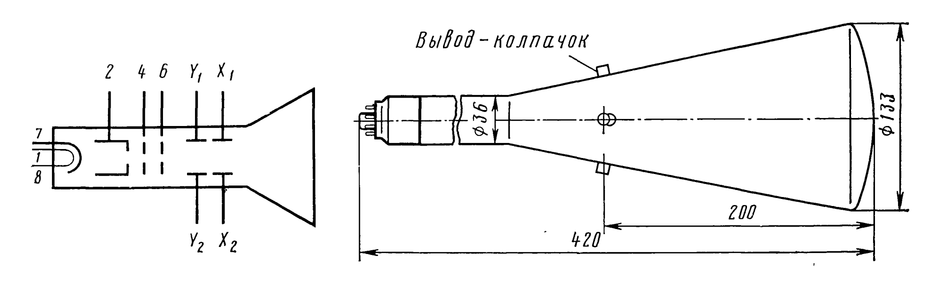
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	200	1200
Напряжение второго анода, В	3250	4450
Напряжение ускоряющего электрода, В	3400	4200
Напряжение модулятора, В	—150	—1
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1

13ЛО15И

Однолучевая трубка с экраном круглой формы с выпуклой поверхностью.

Предназначена для учебных целей и для наблюдения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — зеленый. Угол отклонения луча 22°.

Выводы электродов: 1, 8 — подогреватель; 2 — модулятор; 4 — первый анод; 6 — второй анод; 7 — катод; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины (боковые выводы на баллоне); 3, 5 — не подключены.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковыми выводами анодов. Масса 0,6 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; $U_{а1}$=0 ... 400 В; $U_{а2}$=450 В; $U_{зап}$=—(20 ... 100) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,7	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,8	
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ток катода, мкА	100	
запирающее напряжение	—100	—20

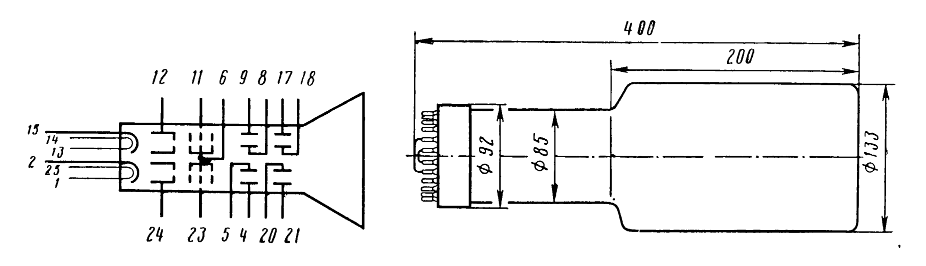
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	400
Напряжение второго анода, В	450	500
Напряжение модулятора, В	—120	0
Средний ток катода, А		0,2

13ЛО48А

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых одноразовых или медленно изменяющихся во времени электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — синий. Послесвечение экрана 0,01 с. Диаметр рабочей части экрана 108 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (а); 4, 5 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (а); Y_2 (а); 6 — второй анод (а, в); 8, 9 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (в), Y_2 (в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 13, 14 — подогреватель (в); 15 — катод (в); 17, 18 — временные отклоняющие пластины X_1 (в), X_2 (в); 20, 21 — временные отклоняющие пластины X_1 (а), X_2 (а); 23 — первый анод (а); 24 — модулятор (а); 3, 7, 10, 16, 19, 22 — не подключены. Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразных систем.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=300 ... 550 В; U_{a2}=1,5 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Ток первого анода, мкА	—50	200
Ток второго анода, мкА		800
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Модуляция, В		60
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	1,5	
Паразитная эмиссия, мкВт/(см²·ср)		0,01
Время готовности, мин		2
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,22	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,25	
Наработка, ч	300	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии, мм		1,2
паразитная эмиссия, мкВт/(см²·ср)		0,02
Емкости между электродами, пФ:		
катод — электроды		10
модулятор — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды		12
пластина X_2 — все электроды		12
пластина Y_1 — все электроды		12
пластина Y_2 — все электроды		12

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, кВ		1,2
Напряжение второго анода, кВ	1,5	2,5
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1,0

13ЛО48В

Двухлучевая трубка с раздельными лучеобразующими системами. Предназначена для визуальной регистрации медленно протекающих процессов в различной радиоэлектронной аппаратуре, в частности медицинской.

Цвет свечения экрана — белый. Цвет послесвечения экрана — желтый. Послесвечение экрана — длительное. Диаметр рабочей части экрана не менее 108 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (а); 3, 7, 10 — не подключены; 4, 5 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (а), Y_2 (а); 6 — второй анод (а, в); 8, 9 — сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (в), Y_2 (в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 13, 14 — подогреватель (в); 15 — катод (а); 16, 19, 22 — не подключены; 17, 18 — временные отклоняющие пластины X_1 (в), X_2 (в); 20, 21 — временные отклоняющие пластины X_1 (а), X_2 (а); 23 — первый анод (а); 24 — модулятор (а). Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=400 ... 700 В; U_{a2}=2 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 90) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Ток первого анода, мкА	—50	200
Ток второго анода, мкА		1000
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Модуляция, В		50
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,17	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Наработка, ч	300	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии, мм		1,2
модуляция, В		65
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		10
модулятор — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды		12
пластина X_2 — все электроды		12
пластина Y_1 — все электроды		12
пластина Y_2 — все электроды		12

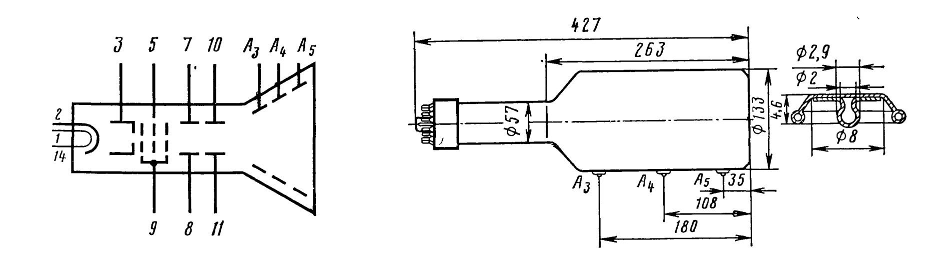
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение второго анода, кВ	1,8	3
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом	—550	550
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

13ЛО54А

Однолучевая трубка с тремя ступенями послеускорения, экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



13ЛО54В

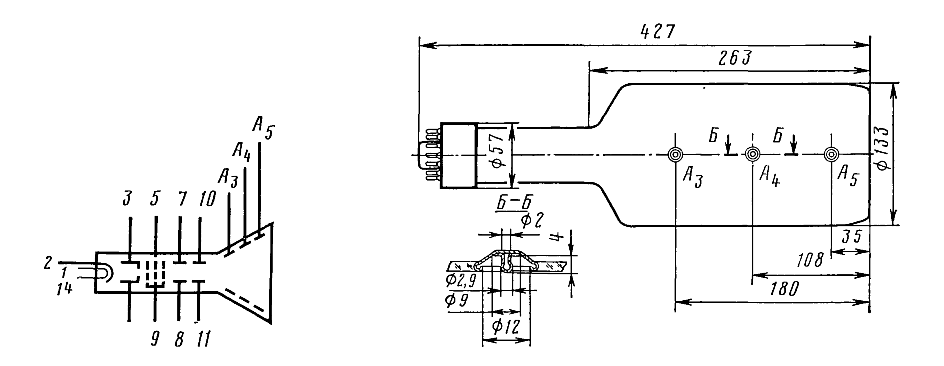
Однолучевая трубка с тремя ступенями послеускорения, экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуальной регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

13ЛО54М

Однолучевая трубка с тремя ступенями послеускорения, экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фотографической регистрации электрических процессов.



Цвет свечения экрана: 13ЛО54А — синий, 13ЛО54В — голубой; цвет послесвечения: 13ЛО54А — желтый, 13ЛО54М — голубой. Диаметр рабочей части экрана не менее 108 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,5 мм; на расстоянии 3/8 максимального размера рабочей части экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временна́я отклоняющая пластина X_2;

11 — временна́я отклоняющая пластина X_1; A_3, A_4, A_5 — боковые выводы на баллоне — третий, четвертый и пятый аноды; 4, 12 — не подключены; 6, 13 — отсутствуют.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=200 ... 400 В; U_{a2}=1,5 кВ; U_{a3}=3,5 кВ; U_{a4}=6 кВ; U_{a5}=8 кВ; $U_{зап}$=—(30 ... 95) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	—50	200
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,18	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Яркость:		
13ЛО54А, 13ЛО54В, кд/м²	39	
13ЛО54М, мкВт/(см²·ср)	0,5	
Время послесвечения, с:		
13ЛО54А		0,01
13ЛО54В	3	
13ЛО54М		$1\cdot10^{-4}$
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина линии в центре экрана, мм		0,7
паразитная эмиссия:		
13ЛО54А, 13ЛО54В, кд/м²		0,15
13ЛО54М, мкВт/(см²·ср)		1,5
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		12
модулятор — все электроды		12
пластина X_1 — пластина X_2		3,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3,5
пластина X_1 — все электроды		15
пластина Y_1 — все электроды		15
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		13
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		13
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		13
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		13

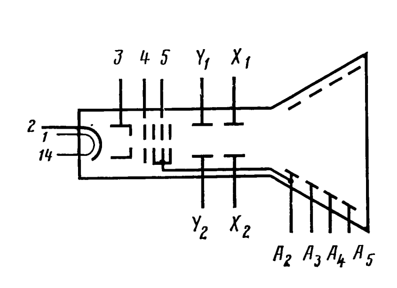
Предельные эксплуатационные данные

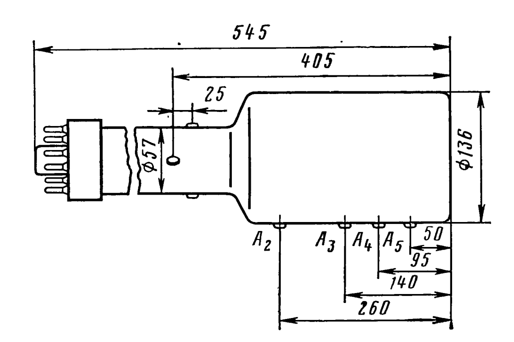
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1100
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	3500	6600
Напряжение четвертого анода, В	6000	10800
Напряжение пятого анода, В	6000	15000
Напряжение модулятора, В	—200	0

Напряжение подогревателя относительно катода, В .	—125	0
Отношение напряжения пятого анода к напряжению второго анода		10
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—550	550
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

13ЛО104А

Однолучевая трубка с четырьмя ступенями послеускорения. Предназначена для визуальной и фотографической регистрации электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана — синий. Размер рабочей части экрана 80×50 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,6 мм, на расстоянии 3/8 максимального размера рабочей части экрана не более 0,7 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 4 — ускоряющий электрод; 5 — первый анод; X_1. X_2 — временны́е отклоняющие пластины; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины; A_2, A_3, A_4, A_5 — второй, третий, четвертый, пятый аноды; 7, 8, 9, 10, 11, 12 — не подключены, 6, 13 — отсутствуют.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=550 ... 850 В; U_{a2}=4 кВ; U_{a3}=8 кВ; U_{a4}=12 кВ; U_{a5}==18 кВ; $U_{уск.эл}$=400 В; $U_{зап}$=—(50 ... 150) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		90
Ток первого анода, мкА	—50	100
Ток второго анода, мкА		400
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временны́х пластин X_1, X_2	0,15	

сигнальных пластин Y_1, Y_2, мм/В	0,16	
Скорость записи, км/с	10000	
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	300	
Время послесвечения, с		0,01
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	300	
Критерии годности при наработке:		
ширина линии в центре, мм		0,7
модуляция, В		90
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды	5	10
катод — все электроды	2,5	5,5
пластина X_1 — пластина X_2	0,5	1,5
пластина Y_1 — пластина Y_2	0,4	1,3
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2	1,8	3,5
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1	1,8	3,5
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2	1,8	3,5
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1	1,8	3,5

Предельные эксплуатационные данные

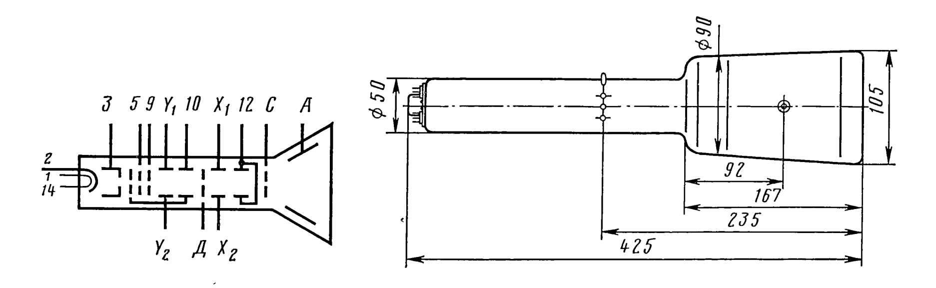
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение ускоряющего электрода, В	300	500
Напряжение первого анода, В		2000
Напряжение второго анода, В	2000	6000
Напряжение третьего анода, В	4000	12000
Напряжение четвертого анода, В	6000	20000
Напряжение пятого анода, В	8000	25000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—2000	2000
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

15ЛО1И

Однолучевая трубка, с промежуточным электродом, экранирующими пластинами, сеткой и анодом коррекции астигматизма, с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы и шкалой беспараллаксного отсчета.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.

Цвет свечения экрана — зеленый. Послесвечение экрана — среднее. Ширина сфокусированной линии не более 0,5 мм. Скорость записи не менее 180 км/с.



Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод (фокусирующий); 9 — третий анод (астигматизм); 10 — второй анод; 12 — экранирующие пластины; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины; Д — промежуточный электрод; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины; С — сетка; А — четвертый анод; 4, 6, 7, 8, 11, 13 — не подключают.

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне и горловине. Масса 1,2 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=1 ... 1,3 кВ; U_{a2}=0; U_{a3}=—60 ... 100 В; U_{a4}=9 кВ; U_c=—60 В; $U_{экр\ пласт}$=—60 ... 150 В; $U_{зап} \geqslant$ —75 В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток первого анода, мкА		50
Ток второго анода, мкА		8
Ток четвертого анода, мкА		10
Ток экранирующих пластин, мкА		10
Ток сетки, мкА		10
Ток промежуточного электрода, мкА		10
Ток катода, мкА		800
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция		Не более 75% $U_{зап}$
Яркость свечения экрана, кд/м²	140	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	1	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	3	
Нелинейность отклонения, %		3
Геометрические искажения, %		1,5
Наработка, ч	1000	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м²	120	
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
модуляция		85% $U_{зап}$
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		12
пластина X_1 — пластина X_2		9
пластина Y_1 — пластина Y_2		8

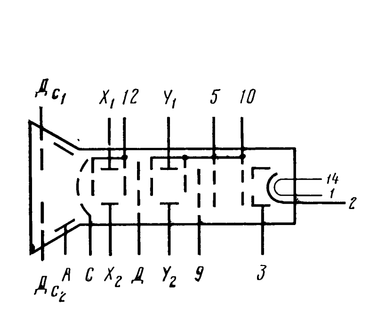
Предельные эксплуатационные данные

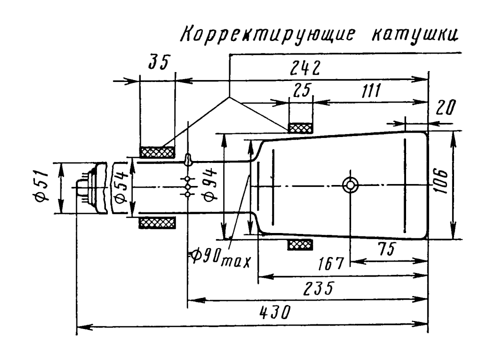
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	—150	0
Напряжение четвертого анода, кВ	8,9	12
Средний потенциал временных отклоняющих планстин, В	—5	5

15ЛО4И

Однолучевая трубка с экранирующими пластинами, с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью и шкалой беспараллаксного отсчета, эксплуатируемая в комплекте с внешними магнитными корректирующими катушками.

Предназначена для визуального наблюдения и измерения электрических процессов в радиоэлектронных устройствах и фиксации равенства их мгновенных значений произвольной формы и постоянного напряжения.





Цвет свечения экрана — зеленый. Размер рабочей части экрана 80×100 мм. Послесвечение экрана — среднее.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 9 — третий анод; 10 — второй анод; 12 — экранирующие пластины; Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Д — промежуточный электрод; X_1, X_2 — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; С — сетка; $Д_{с1}$, $Д_{с2}$ — сигнальные электроды; А — четвертый анод; 4, 6, 7, 8, 11, 13 — не подключают.

Оформление — стеклянное бесцокольное с боковыми выводами на баллоне. Масса 1,2 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; $U_{а1}$=0,9 ... 1,3 кВ; $U_{а2}$=0 В; $U_{а3}$=—60 ... 100 В; $U_{а4}$=9 кВ; $U_{экр.пл}$=—60 ... 200 В; $U_с$=—50 В; $U_{пром.эл}$=—60 ... 100 В; $U_к$=3 кВ

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки между сигнальным электродом $Д_{с1}$ и четвертым анодом, мкА		2
Ток утечки между сигнальным электродом $Д_{с2}$ и четвертым анодом, мкА		2
Модуляция, В		60
Яркость свечения экрана, кд/м²	200	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	1	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	3	
Нелинейность отклонения, %		3
Геометрические искажения, %		2
Наработка, ч	1500	
Критерии годности при наработке:		
напряжение модуляции, В		58
ширина сфокусированной линии, мм		0,6
яркость свечения экрана, кд/м²	120	

Емкости между электродами, пФ:

катод — все электроды	10
модулятор — все электроды	12
пластина X_1 — пластина X_2	8
пластина Y_1 — пластина Y_2	9
сигнальный электрод $Д_{с1}$ — сигнальный электрод $Д_{с2}$	1
сигнальный электрод $Д_{с1}$ — четвертый анод . .	3

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение, накала, В	5,7	6,9
Напряжение модулятора, В	—150	—1
Средний потенциал временны́х отклоняющих пластин, В	—5	5
Напряжение катода, кВ	—3,3	—2,7
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

16ЛО2А

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной степенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фоторегистрации двух независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.

16ЛО2В

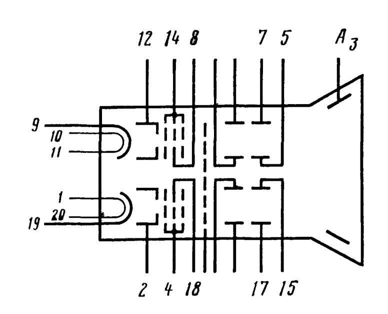
Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью.

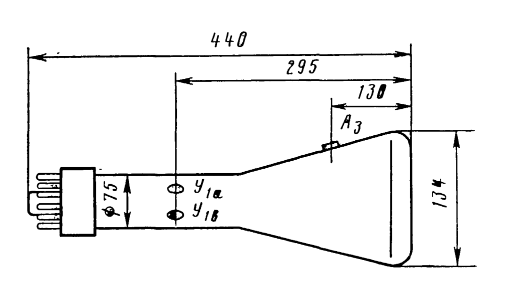
Предназначена для визуального наблюдения двух независимых или медленно изменяющихся во времени электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.

16ЛО2И

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном прямоугольной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения двух независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.





Цвет свечения экрана: 16ЛО2А — синий, 16ЛО2В — голубой; цвет послесвечения: 16ЛО2А; 16ЛО2В — желтый, 16ЛО2И — зеленый. Размер рабочей части экрана не менее 40×100 мм. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,8 мм; на расстоянии 40 мм от центра экрана на более 1 мм.

Выводы электродов: 1, 20 — подогреватель (а); 2 — модулятор (а); 4 — второй анод (а); 5 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (а); 6 — второй анод (а, в); 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (в); 8 — первый анод (в); 9 — катод (в); 10, 11 — подогреватель (в); 12 — модулятор (в); 14 — второй анод (в); 15 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (в); 17 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (а); 18 — первый анод (а); 19 — катод (а); сигнальные отклоняющие пластины Y_1 (а), Y_2 (а), Y_1 (в), Y_2 (в) — боковые выводы на горловине баллона; $А_3$ — третий анод — боковой вывод на баллоне; 3, 13, 16 — не подключены. Буквами (а), (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,9 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; $U_{а1}$=350 ... 650 В; $U_{а2}$=2 кВ; $U_{а3}$=3 кВ; $U_{зап}$=—(40 ... 100) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		45
Ток первого анода, мкА	—50	250
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем (при напряжении подогревателя —135 В относительно катода), мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,18	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,2	
Яркость:		
16ЛО2А, мкВт/(см²·ср)	25	
16ЛО2В, кд/м²	40	
16ЛО2И, кд/м²	50	
Время послесвечения, с:		
16ЛО2А		0,01
16ЛО2В	5	
16ЛО2И		0,1
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1,2
напряжение модуляции, В		50
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		6
модулятор — все электроды		9
пластина X_1 — пластина X_2		6
пластина Y_1 — пластина Y_2		6
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		9
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		9
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		7
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		7

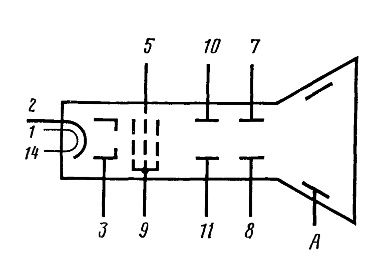
Предельные эксплуатационные данные

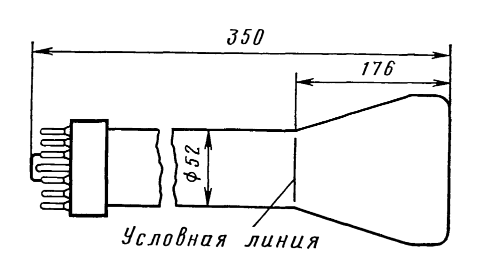
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	0	1200
Напряжение второго анода, В	2000	4000
Напряжение третьего анода, В	3500	7000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—500	500
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		3
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

16ЛО3И

Трубка с плоским прямоугольным экраном, зеленым цветом свечения, со средним послесвечением.

Предназначена для визуального наблюдения различных электрических процессов.





Цвет свечения экрана — зеленый. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,6 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 9 — второй анод; 10 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 11 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 4, 12 — не подключены.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,35 кг.

Основные параметры
при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 290 ... 450$ В; $U_{a2} = 1{,}5$ кВ; $U_{зап} = -(22{,}5 ... 67{,}5)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция при яркости экрана 0...10, кд/м²		35
Ток первого анода, мкА	—50	300
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5

Чувствительность, мкА/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2 . . .	0,35	0,48
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2 . . .	0,50	0,70
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,7
модуляция, В		45
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		8
катод — все электроды		6
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина Y_1 — пластина Y_2		3
пластина X_1 — все электроды		15
пластина Y_1 — все электроды		10
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2 . . .		13
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1 . . .		10
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2 . . .		8
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1 . . .		8

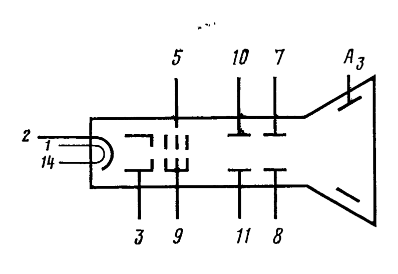
Предельные эксплуатационные данные

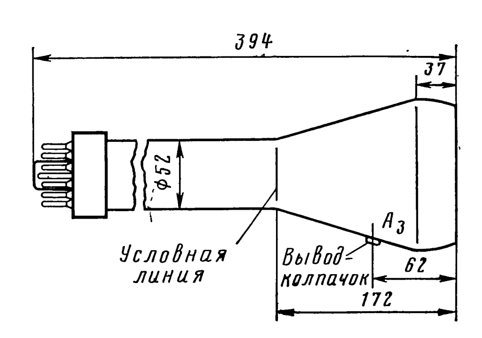
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1100
Напряжение второго анода, В	1000	2200
Напряжение модулятора, В	—125	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В .	—135	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом	—450	450
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц		2

16ЛО4В

Трубка с плоским экраном квадратной формы, голубым цветом свечения и длительным послесвечением желтого цвета, с мелкоструктурной сеткой, обеспечивающей высокую чувствительность к отклонению при относительно небольшой длине трубки.

Предназначена для визуального наблюдения электрических процессов, в том числе однократных и медленно изменяющихся во времени.





Размер рабочей части экрана 95×95 мм. Время послесвечения не менее 5 с. Ширина сфокусированной линии: в центре экрана не более 0,5 мм, на расстоянии 45 мм от геометрического центра экрана не более 0,6 мм.

Выводы электродов: 1, 14 — подогреватель; 2 — катод; 3 — модулятор; 5 — первый анод; 7 — временна́я отклоняющая пластина X_1; 8 — временна́я отклоняющая пластина X_2; 9 — второй анод; 10 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1; 11 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2; 4, 12 — не подключены.

Оформление — стеклянное с цоколем. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{a1} = 130 \ldots 190$ В; $U_{a2} = 2$ кВ; $U_{a3} = 8$ кВ; $U_{зап} = -(30 \ldots 90)$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,27	0,33
Ток первого анода, мкА	—100	100
Ток второго анода, мкА		500
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		100
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		10
Модуляция, В		40
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин X_1, X_2	0,5	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,8	
Яркость экрана, кд/м^2	50	
Время готовности, мин		2
Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,6
модуляция, В		45
Емкости между электродами, пФ:		
модулятор — все электроды		12
катод — все электроды		8
пластина X_1 — пластина X_2		4
пластина Y_1 — все электроды		17
пластина Y_2 — все электроды		13
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		13
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		13
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		9
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		9
пластина Y_1 — пластина Y_2		5

Предельные эксплуатационные данные

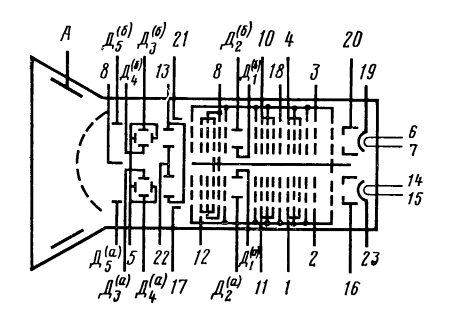
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В	130	190
Напряжение второго анода, В	1500	2200
Напряжение третьего анода, В	6000	9000
Напряжение модулятора, В	—150	8
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—100	100

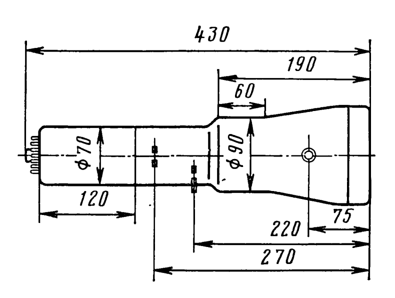
17ЛО4И

Трубка с двумя раздельными лучеобразующими системами, шкалой для беспараллаксного отсчета, плоским экраном прямоугольной формы, зеленым цветом свечения и средним послесвечением, высокой чувствительностью к

отклонению, выводами отклоняющих пластин в горловине баллона, обеспечивающими снижение междуэлектродных емкостей и расширение частотного диапазона воспроизводимых сигналов.

Предназначена для визуальной регистрации двух или более одновременно протекающих электрических процессов в диапазоне частот до 50 МГц.





Размер рабочей части экрана 100×120 мм; ширина сфокусированной линии: вертикальной не более 0,6 мм, горизонтальной не более 0,8 мм.

Выводы электродов: 1 — первый фокусирующий электрод (а); 2 — астигматизм (а); 13 — пластина сведения 1 (а, в); 14, 15 — подогреватель (а); 8 — сетка (а, в); 9 — усиление отклонения (а, в); 12 — коррекция усиления отклонения (а, в); 11 — второй фокусирующий электрод (а); 5 — коррекция геометрии 3 (а, в); 23 — катод (а); 16 — модулятор (а); 17 — коррекция геометрии (а); Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины (а); X_1, X_2 — временны́е отклоняющие пластины (а); $Д_5$ — коррекция геометрии 1 (а, в); 22 — пластины сведения (а, б); А — анод (а, б); 4 — первый фокусирующий электрод (б); 3 — астигматизм (в); 6, 7 — подогреватель (в); 10 — второй фокусирующий электрод (в); 19 — катод (в); 20 — модулятор (в); 21 — коррекция геометрии 2 (в); Y_1, Y_2 — сигнальные отклоняющие пластины (в); X_1, X_2 — временны́е отклоняющие пластины (в).

Оформление — стеклянное бесцокольное с дополнительными выводами на баллоне. Масса 1,6 кг.

Основные параметры

при $U_н = 6{,}3$ В; $U_{фэ\,1,2} = (850 \ldots 1150)$ В; $U_к = -2000$ В; $U_{э.аст} = \pm 100$ В; $U_{эл.ус.откл} = 100$ В; $U_{эл.св\,1,2} = -(30 \ldots 100)$ В; $U_{эл.кор.геом\,2} = -(40 \ldots 200)$ В; $U_{эл.кор.геом\,1} = \pm 100$ В; $U_{эл.кор.геом\,3} = \pm 100$ В; $U_с = \pm 100$ В; $U_а = 10\,000$ В; $U_{уск\,эл} = 0$ В

Наименование	Не менее	Не более
Ток утечки в цепи катод — подогреватель, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Модуляция, В		72
Напряжение модулятора запирающее, В	—80	—30
Яркость свечения экрана, кд/м²	170	
Чувствительность, мм/В:		
временны́х отклоняющих пластин	0,8	
сигнальных отклоняющих пластин	5	
Нелинейность отклонения, %		5
Геометрические искажения, %		3
Время готовности, мин		2

Наработка, ч	750	
Критерии годности при наработке:		
яркость свечения экрана, кд/м^2	140	
модуляция, В		78
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		10
модулятор — все электроды		13
пластина Y_1 (а) — пластина Y_2 (а)		5
пластина Y_1 (б) — пластина Y_2 (б)		5
пластина Y_1 (а) — все электроды, кроме пластины Y_2 (а)		7
пластина Y_2 (а) — все электроды, кроме пластины Y_1 (а)		7
пластина Y_1 (б) — все электроды, кроме пластины Y_2 (б)		7
пластина Y_2 (б) — все электроды, кроме пластины Y_1 (б)		7
пластина X_1 (а) — все электроды, кроме пластины X_2 (а)		8
пластина X_2 (а) — все электроды, кроме пластины X_1 (а)		14
пластина X_1 (б) — пластина X_2 (б)		6
пластина X_1 (а) — пластина X_1 (б)		6
пластина X_2 (б) — все электроды, кроме пластины X_1 (б)		14
пластина X_1 (б) — все электроды, кроме пластины X_2 (б)		8

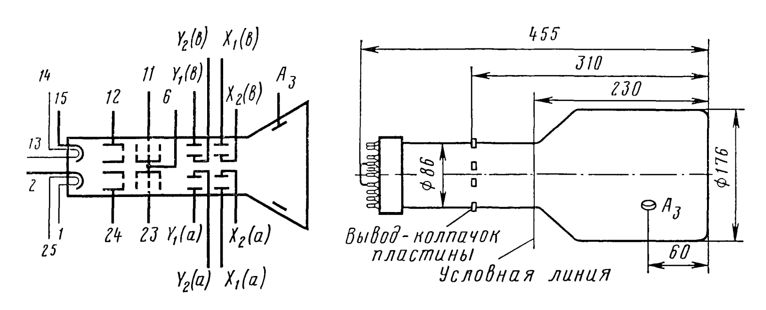
Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
напряжение накала, В	5,7	6,9
напряжение анода, В	9000	11 000
напряжение модулятора, В	—200	—1
средний потенциал временных отклоняющих пластин, В	0	90
средний потенциал сигнальных отклоняющих пластин, В	0	25
напряжение катода, В	1900	2100

18ЛО3А

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фоторегистрации двух независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — синий. Скорость записи не менее 300 км/с. Ширина сфокусированной линии в центре экрана не более 0,65 мм, на расстоянии 50 мм от центра экрана — не более 0,85 мм.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (а); 6 — второй анод (а, в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 13, 14 — подогреватель (в); 15 — катод (в); 23 — первый анод (а); 24 — модулятор (а); X_1 (а), X_2 (а) — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1 (а), Y_2 (а) — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; X_1 (в), X_2 (в) — временные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; Y_1 (в); Y_2 (в) — сигнальные отклоняющие пластины — боковые выводы на баллоне; A_3 — третий анод — боковой вывод на баллоне; 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 — не подключают.

Буквами (а) и (в) обозначены электроды двух разных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковыми выводами на баллоне. Масса 1,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=0,85 ... 1,15 кВ; U_{a2}=4 кВ; U_{a3}=8 кВ; $U_{зап}$=—(80 ... ... 150) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		35
Ток первого анода, мкА	—50	50
Ток второго анода, мкА		150
Ток третьего анода, мкА		100
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,16	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,25	
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	30	
Время послесвечения, с		0,01
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		0,85
ток третьего анода, мкА		80
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		5,5
модулятор — все электроды		6
пластина X_1 — пластина X_2		2
пластина Y_1 — пластина Y_2		2,2
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		6
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		6
пластина Y_1 — все электроды, кроме Y_2		5
пластина Y_2 — все электроды, кроме Y_1		5

Предельные эксплуатационные данные

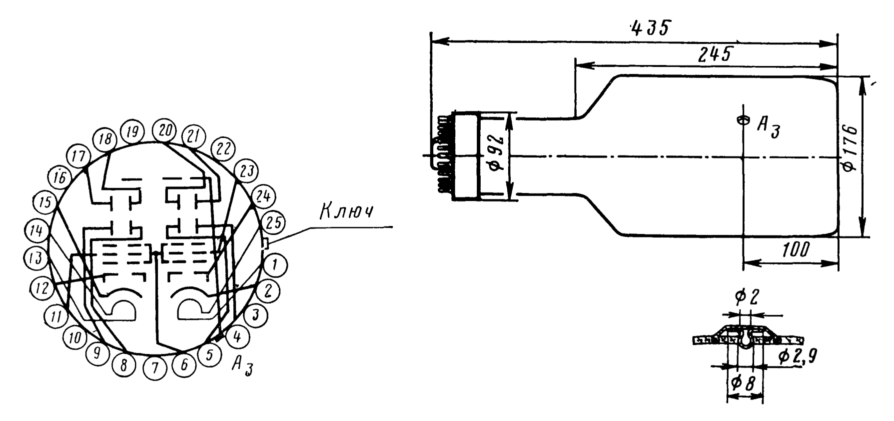
Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1300
Напряжение второго анода, В	2000	4400

Напряжение третьего анода, В	6000	12 000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение подогревателя относительно катода, В .	—125	0
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5

18ЛО47А

Двухлучевая трубка с раздельными ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном круглой формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фоторегистрации двух независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана — синий; послесвечение экрана — короткое. Диаметр рабочей части экрана не менее 130 мм. Ширина сфокусированной линии не более 0,75 мм. Скорость записи не менее 230 км/с.

Выводы электродов: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — катод (в); 3, 7, 10, 16, 19 22 — не подключены; 4 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (а); 20 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (а); 21 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (а); 23 — первый анод (а); 5 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (а); 6 — второй анод (а, в); 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (в); 9 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (в); 11 — первый анод (в); 12 — модулятор (в); 13, 14 — подогреватель (в); 15 — катод (в); 17 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (в); 18 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (в); 24 — модулятор (в); $А_3$ — третий анод — боковой вывод на баллоне. Буквами (а) и (в) обозначены электроды разных лучеобразных систем.

Оформление — стеклянное с цоколем и боковым выводом на баллоне. Масса 2,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; U_{a1}=400 ... 700 В; U_{a2}=2 кВ; U_{a3}=6 кВ; $U_{зап}$=—(50 ... ... 150) В

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Ток первого анода, мкА	—50	500
Ток второго анода, мкА		1000
Ток третьего анода, мкА		50
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА .		30

Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15
Модуляция, В		90
Яркость экрана, мкВт/(см²·ср)	50	
Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,19	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,21	
Отношение чувствительности сигнальных отклоняющих пластин к чувствительности временных отклоняющих пластин		1,13
Наработка, ч	500	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии, мм		1
ток третьего анода, мкА	40	
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		12
модулятор — все электроды		12
пластина X_1 — пластина X_2		3,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3,5
пластина X_1 — все электроды		15
пластина X_2 — все электроды		15
пластина Y_1 — все электроды		15
пластина Y_2 — все электроды		15

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, кВ		1
Напряжение второго анода, кВ	1,5	2,5
Напряжение третьего анода, кВ	3	6
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—600	600
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода	—1	2,3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц		1

22ЛО1А

Пятилучевая трубка с пятью независимыми ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном квадратной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для фоторегистрации нескольких (до пяти) независимых электрических процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.

22ЛО1В

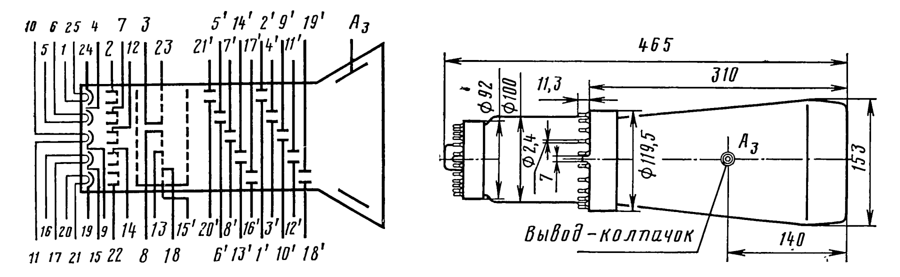
Пятилучевая трубка с пятью независимыми ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном квадратной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения нескольких (до пяти) независимых одноразовых или медленно изменяющихся во времени процессов единовременно в радиоэлектронных устройствах.

22ЛО1И

Пятилучевая трубка с пятью независимыми ЭОС, с одной ступенью послеускорения, с экраном квадратной формы с плоской поверхностью.

Предназначена для визуального наблюдения нескольких (до пяти) независимых электрических процессов в радиоэлектронных устройствах.



Цвет свечения экрана: 22ЛО1А — синий; 22ЛО1В — голубой.

Цвет послесвечения: 22ЛО1А — желтый; 22ЛО1И — зеленый. Размер рабочей части экрана 38×114 мм. Ширина сфокусированной линии — в центре экрана не более 0,8 мм; на расстоянии 50 мм от центра экрана вдоль направления пластин X_1, X_2 не более 1 мм. Нижний цоколь: 1, 25 — подогреватель (а); 2 — модулятор (а); 3 — первый анод (б); 4 — катод (б); 5, 6 — подогреватель (б); 7 — модулятор (б); 8 — первый анод (в); 9 — катод (в); 10, 11 — подогреватель (в); 12 — модулятор (в); 13 — первый анод (г); 14 — модулятор (г); 15 — катод (г); 16, 17 — подогреватель (г); 18 — первый анод (д); 19 — катод (д); 20, 21 — подогреватель (д); 22 — модулятор (д); 23 — первый анод (а); 24 — катод (а). Верхний цоколь: 1 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (а); 2 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (а); 3 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (б); 4 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (б); 5 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (б); 6 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (б); 7 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (в); 8 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (в); 9 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (в); 10 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (в); 11 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (г); 12 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (г); 13 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (г); 14 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (г); 15 — второй анод; 16 — сигнальная отклоняюащя пластина Y_2 (д); 17 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (д); 18 — временна́я отклоняющая пластина X_2 (д); 19 — временна́я отклоняющая пластина X_1 (д); 20 — сигнальная отклоняющая пластина Y_2 (а); 21 — сигнальная отклоняющая пластина Y_1 (а); $А_3$ — третий анод — боковой вывод на баллоне. Буквами (а, б, в, г, д) обозначены электроды различных лучеобразующих систем.

Оформление — стеклянное с торцевым и кольцевым цоколями. Масса 3,5 кг.

Основные параметры

при $U_н$=6,3 В; $U_{а1}$=350...650 В; $U_{а2}$=2 кВ; $U_{а3}$=4 кВ; $U_{зап}$=—50 В.

Наименование	Не менее	Не более
Ток накала, А	0,54	0,66
Модуляция, В		50
Ток первого анода, мкА	—50	150
Ток второго анода, мкА		300
Ток третьего анода, мкА	25	
Ток утечки между катодом и подогревателем, мкА		30
Ток утечки в цепи модулятора, мкА		5
Ток утечки в цепи первого анода, мкА		15

Чувствительность, мм/В:		
временных отклоняющих пластин X_1, X_2	0,28	
сигнальных отклоняющих пластин Y_1, Y_2	0,60	
Яркость экрана:		
22ЛО1А мкВт/(см²·ср)	30	
22ЛО1В кд/м²	50	
22ЛО1И кд/м²	50	
Время послесвечения, с:		
22ЛО1А		0,01
22ЛО1В	4	
22ЛО1И		0,1
Время готовности, с		2
Наработка, ч	300	
Критерии годности при наработке:		
ширина сфокусированной линии в центре экрана, мм		1
яркость экрана мкВт/(см²·ср)	18	
Емкости между электродами, пФ:		
катод — все электроды		6
модулятор — все электроды		7
пластина X_1 — пластина X_2		2,5
пластина Y_1 — пластина Y_2		3,5
пластина X_1 — все электроды, кроме X_2		5
пластина X_2 — все электроды, кроме X_1		5,5

Предельные эксплуатационные данные

Наименование	Не менее	Не более
Напряжение накала, В	5,7	6,9
Напряжение первого анода, В		1200
Напряжение второго анода, В	2000	4000
Напряжение третьего анода, В	4000	8000
Напряжение модулятора, В	—200	0
Напряжение между любой из отклоняющих пластин и вторым анодом, В	—500	500
Напряжение подогревателя относительно катода, В	—125	0
Отношение напряжения третьего анода к напряжению второго анода		3
Сопротивление в цепи модулятора, МОм		1,5
Полное сопротивление в цепи любой из отклоняющих пластин на частоте 50 Гц, МОм		1

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Устройство и параметры осциллографических электронно-лучевых трубок 4

Эксплуатация осциллографических трубок 22

Справочные данные осциллографических трубок 30

60 к.

МРБ

Осциллографические электронно-лучевые трубки

Издательство «Радио и связь»